

increased.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-320386
(P2000-320386A)

(43)公開日 平成12年11月21日(2000. 11. 21)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード*(参考)

F 0 2 D 41/40

F 0 2 D 41/40

C 3 G 0 9 1

F 0 1 N 3/20

F 0 1 N 3/20

E 3 G 3 0 1

D

X

R

3/24

3/24

審査請求 未請求 請求項の数28 O L (全 28 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平11-252799

(22)出願日 平成11年9月7日(1999. 9. 7)

(31)優先権主張番号 特願平11-62755

(32)優先日 平成11年3月10日(1999. 3. 10)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72)発明者 齊藤 智明

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
株式会社内

(72)発明者 細谷 英生

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
株式会社内

(74)代理人 100077931

弁理士 前田 弘 (外1名)

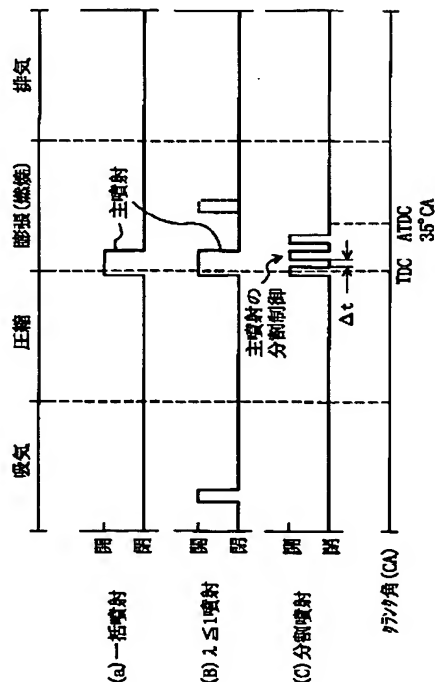
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ディーゼルエンジンの燃料噴射装置

(57)【要約】

【課題】 排気通路20に触媒22を備え、気筒2内の燃焼室4に燃料を直接、噴射供給するようにしたディーゼルエンジン1において、燃費悪化やスモークの急増を招くことなく、触媒22の温度状態を調整できるようにする。

【解決手段】 酸素濃度が高いときにNO_xを吸収する一方、酸素濃度が低下すればNO_xを放出して還元浄化するとともに、未暖機状態でNO_x浄化率が低下する触媒22を備える。排気により吸気を過給するターボ過給機25を備える。エンジン1の加速運転時や触媒22の昇温を促すときに、エンジン1の要求トルクに対応する基本燃料噴射量Q_{base}の燃料を、インジェクタ5により、各気筒の圧縮上死点近傍で3回に分割して噴射させる。併せて、燃料噴射量を増量するようにしてもよい。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、

エンジンの要求出力を検出するための要求出力検出手段と、

前記要求出力検出手段による検出結果に応じて燃料噴射量を決定する噴射量決定手段と、

前記噴射量決定手段により決定された噴射量の燃料を前記燃料噴射弁により噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置において、

前記燃料噴射制御手段は、前記の決定された噴射量の燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で、かつ、燃料の噴射による燃焼が継続するよう複数回に分割して行うように構成されていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項2】 請求項1において、

噴射量決定手段により決定された燃料噴射量は、燃焼室の平均空燃比が理論空燃比よりもリーンな状態になる量であることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項3】 請求項1において、

燃料噴射制御手段により燃料の分割噴射を行うときに、燃料噴射弁が閉じてから次に開くまでの間隔は、略1ミリ秒以下であることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項4】 請求項1又は3のいずれかにおいて、燃料噴射制御手段により燃料の分割噴射を行うときに、燃料噴射弁が閉じてから次に開くまでの間隔は、略100マイクロ秒以上であることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項5】 請求項1又は3のいずれかにおいて、燃料噴射制御手段により燃料の分割噴射を行うときに、燃料噴射弁が開いてから閉じるまでの間隔は、略800マイクロ秒以下であることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項6】 請求項1、3又は4のいずれか1つにおいて、

燃料噴射制御手段により燃料の分割噴射を行うときに、燃料噴射弁が2回目に開くのは、気筒の圧縮上死点以降であることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項7】 請求項6において、

燃料噴射制御手段により燃料の分割噴射を行うときに、燃料噴射弁が最後に閉じるのは、気筒の圧縮上死点後35°C以前であることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項8】 請求項1又は7のいずれかにおいて、燃料噴射制御手段により燃料の分割噴射を行うときに、燃料噴射は3回以上に分割して行われることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項9】 請求項1において、

燃料噴射制御手段は、噴射量決定手段により決定された噴射量の燃料噴射の直前にそれとは別にパイロット噴射を行うように構成されていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項10】 請求項1において、

エンジンの排気を浄化する浄化材と、

前記浄化材の温度状態を推定する温度状態推定手段とが設けられ、

燃料噴射制御手段は、前記温度状態推定手段による浄化材の推定温度状態が該浄化材の未活性状態に対応するものであるときに、燃料噴射を分割して行うように構成されていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項11】 請求項1において、

エンジンの排気を浄化するとともに、排気中に含まれる浄化性能劣化成分を吸着して、該劣化成分を所定以上の高温状態で放出する浄化材と、

前記浄化材への劣化成分の吸着状態を推定する吸着状態推定手段とが設けられ、

燃料噴射制御手段は、前記吸着状態推定手段による劣化成分の推定吸着量が所定量以上になったときに、燃料噴射を分割して行うように構成されていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項12】 請求項1において、

エンジンの排気により吸気を過給するターボ過給機が設けられ、

燃料噴射制御手段は、エンジンの加速運転時に燃料噴射を分割して行うように構成されていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項13】 請求項12において、

ターボ過給機は、タービンへの排気流速を変更する可変機構を有するものであることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項14】 エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、

前記燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置において、

エンジンの排気を浄化する浄化材と、

前記浄化材の温度状態を推定する温度状態推定手段とが設けられ、

前記燃料噴射制御手段は、前記温度状態推定手段による浄化材の推定温度状態が該浄化材の未活性状態に対応する温度状態のときに、燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で、かつ複数回に分割して行うように構成されていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項15】 エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、

前記燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置において、

エンジンの排気を浄化するとともに、排気中に含まれる浄化性能劣化成分を吸着して、該劣化成分を所定以上の高温状態で放出する浄化材と、

前記浄化材への劣化成分の吸着状態を推定する吸着状態推定手段とが設けられ、

前記燃料噴射制御手段は、前記吸着状態推定手段による劣化成分の推定吸着量が所定量以上になったときに、燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で、かつ複数回に分割して行うように構成されていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項16】 エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、

前記燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置において、

エンジンの排気により吸気を過給するターボ過給機が設けられ、

前記燃料噴射制御手段は、エンジンの加速運転時に、燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で、かつ複数回に分割して行うように構成されていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項17】 エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、

前記燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置において、

前記燃料噴射制御手段は、燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で、かつ該燃料噴射弁が閉じてから次に開くまでの間隔が略1ミリ秒以下になるように、複数回に分割して行うものであることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項18】 請求項17において、燃料噴射制御手段により燃料の分割噴射を行うときに、燃料噴射弁が開いてから次に閉じるまでの間隔は、略800マイクロ秒以下であることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項19】 請求項17又は18のいずれかにおいて、

燃料噴射制御手段により燃料の分割噴射を行うときに、燃料噴射弁が2回目に開くのは、気筒の圧縮上死点以後であることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項20】 請求項1において、燃料噴射制御手段は、エンジンの定常運転時に燃料噴射を2回に分割して行うように構成されていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項21】 エンジンの気筒内燃焼室に臨むように

配設された燃料噴射弁と、

前記燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置において、

エンジンの排気を浄化する浄化材と、

前記浄化材の温度状態を推定する温度状態推定手段とが設けられ、

前記燃料噴射制御手段は、燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で複数回に分割して行うものであって、かつ、前記温度状態推定手段による浄化材の推定温度状態が該浄化材の未活性状態に対応するものであるときには、浄化材が活性状態のときよりも燃料噴射の分割回数を増大させるか、又は燃料噴射弁が閉じてから次に開くまでの間隔を増大させるかの少なくとも一方の補正制御を行うように構成されていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項22】 請求項21において、浄化材に対して供給される排気中の還元剤成分が増大するようエンジンの所定の運転状態で燃料噴射量を増量補正する噴射量増量補正手段を備えていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項23】 エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、

前記燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置において、

エンジンの排気を浄化するとともに、排気中に含まれる浄化性能劣化成分を吸着して、該劣化成分を所定以上の高温状態で放出する浄化材と、

前記浄化材への劣化成分の吸着状態を推定する吸着状態推定手段とが設けられ、

前記燃料噴射制御手段は、燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で複数回に分割して行うものであって、かつ、前記吸着状態推定手段による劣化成分の推定吸着量が所定量以上になったときには、燃料噴射の分割回数を増大させるか、又は燃料噴射弁が閉じてから次に開くまでの間隔を増大させるかの少なくとも一方の補正制御を行うように構成されていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項24】 請求項23において、吸着状態推定手段による劣化成分の推定吸着量が所定量以上になったときに、排気中の酸素濃度が低下するよう、燃焼室の平均空燃比を略理論空燃比付近或いは理論空燃比よりもリッチな状態になるように制御する空燃比制御手段を備えていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項25】 請求項24において、空燃比制御手段は、燃料噴射制御手段により補正制御が開始された後で、空燃比の制御を開始するように構成されていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴

射装置。

【請求項26】 エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、

前記燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置において、

エンジンの排気により吸気を過給するターボ過給機が設けられ、

前記燃料噴射制御手段は、燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で複数回に分割して行うものであって、かつ、エンジンの加速運転時には、燃料噴射の分割回数を増大させるか、又は燃料噴射弁が閉じてから次に開くまでの間隔を増大させるかの少なくとも一方の補正制御を行うように構成されていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項27】 エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、

前記燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置において、

前記燃料噴射制御手段は、エンジンの定常運転時に、前記燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で、かつ2回に分割して行うように構成されていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【請求項28】 エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、

前記燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置において、

エンジンの排気の一部を吸気系に還流させる排気還流通路と、

前記排気還流通路による排気還流量を調節する排気還流量調節手段と、

前記排気還流量調節手段を、排気還流量の全吸気量に対する排気還流割合が基本的にエンジンの低負荷側で高負荷側よりも増大するように制御するとともに、所定の低負荷運転領域においては排気還流割合が少なくとも低負荷と高負荷との間の中負荷運転領域よりも低くなるように制御する排気還流制御手段とが設けられ、

前記燃料噴射制御手段は、燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で複数回に分割して行うものであって、かつ、エンジンが前記所定の低負荷運転領域にあるときには、中負荷運転領域よりも燃料噴射の分割回数を増大させるか、又は燃料噴射弁が閉じてから次に開くまでの間隔を増大させるかの少なくとも一方の補正制御を行うように構成されていることを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、気筒内の燃焼室に

燃料を直接噴射する燃料噴射弁を備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、この種のディーゼルエンジンの燃料噴射装置として、例えば特開平6-212961号公報に開示されるように、気筒の圧縮上死点近傍で通常の燃料噴射を行う他に、所定の運転状態では膨張行程中期から排気行程にかけて少量の燃料（軽油）を追加供給して、排気中の還元剤成分の濃度を高めることにより、排気通路に設けた浄化材としてのNOx吸収材の機能を回復させる（触媒のリフレッシュ）ようにしたものが知られている。

【0003】すなわち、ディーゼルエンジンは通常、燃焼室の平均的な空燃比がかなりリーンな状態（例えばA/F \geq 18で、排気中の酸素濃度が略4%以上の状態）で運転されるが、そのリーンな状態の排気中でNOx（窒素酸化物）を還元浄化することは極めて難しいので、排気中の酸素濃度が高いときにNOxを吸収する一方、酸素濃度が減少すればNOxを放出するいわゆるNOx吸収材を用いる技術がある。

【0004】そして、前記NOx吸収材はNOxの吸収量が増えるに連れて吸収性能が低下する性質を有するので、前記従来の燃料噴射装置では、NOx吸収材の吸収性能が大きく低下する前に、気筒の膨張行程中期以降で追加の燃料を噴射し、この燃料の燃焼により排気中の酸素を消費させて酸素濃度を低下させるとともに、排気中のCO（一酸化炭素）やHC（未燃炭化水素）等の還元剤成分の濃度を高めて、その還元剤成分によりNOx吸収材からのNOxの放出を促し、かつそのNOxを十分に還元浄化して、NOx吸収材の吸収性能を回復させるようにしている。

【0005】この他、特開昭62-75051号公報には、燃料噴射弁により気筒の圧縮上死点近傍で燃料を複数回に分けて多重噴射させることにより、噴霧の貫徹力を弱めて燃料の壁面付着を抑制し、もって、スモークの発生量を低減させるようにした直噴式ディーゼルエンジンが開示されている。また、特開平3-160148号公報には、直噴式ディーゼルエンジンにおいて、燃焼室への燃料の噴射率を燃料噴射弁の作動特性によらず理想的に制御するために、該燃料噴射弁に対しパルス信号の入力するタイミングで噴射ノズルの芯弁をオンオフ動作させることにより、燃料噴射量を時間的に変調させるようにすることが提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、例えば前記最初の従来例（特開平6-212961号）に開示されるようなNOx吸収材は、NOxを吸収したり放出したりする作用が温度状態に依存することが知られており、一例を挙げれば、NOx吸収材による排気中のNOx浄化率は、例えば図2に示すように所定の温度範囲では十

分に高いものの、温度状態が低い触媒の未暖機時（未活性状態）には急速に低下するという特性を有する。このような浄化性能の温度依存性に対し、熱効率に優れるディーゼルエンジンでは、ガソリンエンジンに比べて排気温度が低くなりやすいので、エンジンの運転状態によっては排気通路に設けた浄化材の温度状態が低くなり過ぎて、排気浄化性能を十分に発揮させることができないという問題がある。

【0007】この問題に対し、例えば燃料噴射時期を遅角側に補正することで、いわゆる後燃えを多くして排気温度を高めることができることは知られているが、このようにすると、燃料の燃焼状態が著しく悪くなるので、燃費が悪化したり、スモーク排出量が急増するといった不具合を生じることになる。この他、排気温度を高めるために、エンジンの運転状態に対応しない余分な燃料を多量に供給することも考えられるが、この場合には燃費悪化等が著しいので、いずれも現実的な解決策とは言えない。

【0008】本発明は斯かる点に鑑みてなされたものであり、その主たる目的とするところは、気筒内の燃焼室に燃料を直接噴射するようにしたディーゼルエンジンにおいて、燃料噴射の形態に工夫を凝らすことで、燃費の悪化やスモークの急増を招くことなく、排気の状態を調節できるようにすることにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成すべく、本発明の第1の解決手段では、気筒内の燃焼室に燃料を直接噴射する燃料噴射弁を備えたディーゼルエンジンにおいて、そのエンジンの要求出力に対応する噴射量の燃料を、気筒の圧縮上死点近傍で複数回に分割して噴射させるようにした。

【0010】具体的に、請求項1の発明では、図1に例示するように、エンジン1の燃焼室4に臨むように配設された燃料噴射弁5と、エンジン1の要求出力を検出するための要求出力検出手段9、32と、該要求出力検出手段9、32による検出結果に応じて燃料噴射量を決定する噴射量決定手段（ECU）35と、該噴射量決定手段35により決定された噴射量の燃料を前記燃料噴射弁5により噴射させる燃料噴射制御手段（ECU）35とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置Aを前提とする。そして、前記燃料噴射制御手段35は、前記の決定された噴射量の燃料の噴射（以下、主燃料噴射ともいう）を気筒の圧縮上死点近傍で、かつ、燃料の噴射による燃焼が継続するよう複数回に分割して行う構成とする。

【0011】すなわち、一般に、気筒2の圧縮上死点近傍で燃料噴射弁5により燃料が噴射されると、該燃料噴射弁5の噴孔から燃焼室4に噴出した燃料は全体として円錐形状の噴霧を形成しながら燃焼室4に広がるとともに、空気との摩擦により分裂を繰り返して微小な油滴に

なり（燃料の微粒化）、それらの油滴の表面から燃料が蒸発して燃料蒸気が生成される（燃料の気化霧化）。ここで、エンジン1の燃焼性を向上させるためには、例えば燃圧を高めて燃料の噴出速度を大きくすることにより、前記の燃料の微粒化を促進することが望ましいのだが、このようにすると、燃焼室内の空気は圧縮されて粘性が高いため、先に噴出した燃料の油滴に、続いて噴出した別の燃料の油滴が追いついて再び結合してしまうので、結局、燃料の微粒化ひいては気化霧化を十分に促進することは困難であった。

【0012】これに対し、前記の構成によれば、燃料噴射制御手段35により主燃料噴射が複数回に分割して行われ、このとき、燃料噴射弁5が一旦、閉じてから次に開くまでの間は燃料の噴出が中止するので、その燃料噴射弁5の先の開弁によって噴出した燃料の油滴に、次の開弁によって噴出した燃料の油滴が追いつくことはなく、よって、前記のような油滴同士の再結合に起因して燃料の微粒化が阻害されることを大幅に抑制できる。このことで、例えば燃料の高圧化によりその微粒化ひいては気化霧化を十分に促進することができ、燃料蒸気と空気との混合状態が大幅に改善されて、燃焼状態が極めて良好なものになることで、燃費が改善されるとともに、燃焼に伴うスモークの生成も抑えられる。

【0013】また、前記のように燃料が分割して噴射されることで、気筒の圧縮上死点近傍で自己着火して激しく燃焼（予混合燃焼）する燃料の量は相対的に少なくなり、このことで、燃焼初期に燃焼圧や燃焼温度が過度に上昇することがなくなって、燃焼に伴うNOxの生成量が低減する。

【0014】さらに、燃料噴射弁5が最初に開いてから最後に閉じるまでの時間は相対的に長くなるものの、その間に断続的に噴射される燃料は上述の如く良好に気化霧化されて拡散燃焼するので、燃料噴射時期を遅角補正した場合のように燃焼状態が悪くなることはなく、むしろ、燃焼室4の圧力が相対的に長い間、高い状態に維持されて、燃焼ガスの膨張力が極めて有効にピストン3に伝達されることで、機械効率の向上によって燃費がさらに改善される。

【0015】そして、前記のように燃料が良好に燃焼されることで、燃焼エネルギーそのものが大きくなる上に、燃焼の終了する時期が遅くなることで、排気の一部は温度状態が高いうちに排気通路20に流出するようになり、このことで、排気圧力及び排気温度が上昇する。つまり、スモークやNOx等の排気有害成分を低減しつつ燃費を改善しながら、その上さらに、排気圧力及び排気温度を高めて、排気通路に設けた触媒等の浄化材の温度状態を調節することが可能になる。

【0016】加えて、噴射量決定手段によりエンジンの要求出力に対応する燃料噴射量が決定され、この噴射量により排気の状態を調節できるので、このことによって

も燃費改善が図られる。尚、エンジンの要求出力の検出は、例えば、アクセル開度やエンジン回転数等に基づいて行うようにすればよい。

【0017】請求項2の発明では、噴射量決定手段により決定された燃料噴射量は、燃焼室の平均空燃比が理論空燃比よりもリーンな状態になる量とする。このことで、燃焼室の平均空燃比が理論空燃比よりもリーンな状態で燃焼が行われるので、燃費悪化やスモーク量の増大を容易に抑制できる。

【0018】請求項3の発明では、燃料噴射制御手段により燃料の分割噴射を行うときに、燃料噴射弁が閉じてから次に開くまでの間隔は、略1ミリ秒以下とする。すなわち、燃料噴射弁からの燃料の噴出が1ミリ秒よりも長く中断すると、その後に噴出した燃料が直ちに拡散燃焼せず、燃焼が連続的に行われず途切れてしまい、請求項1の発明の作用効果を十分に得られない虞れがある。そこで、この発明では、前記燃料噴射弁の作動間隔を略1ミリ秒以下とすることで、燃焼を途切れずに継続させることができる。尚、前記燃料噴射弁の作動間隔は、900マイクロ秒以下とするのが好ましい。

【0019】請求項4の発明では、燃料噴射制御手段により燃料の分割噴射を行うときに、燃料噴射弁が閉じてから次に開くまでの間隔は、略100マイクロ秒以上とする。このようにすれば、燃料噴射弁の先の開弁によって噴出した燃料の油滴に、次の開弁によって噴出した燃料の油滴が追いつくことを確実に防止して、油滴同士の再結合を確実に低減できるので、請求項1の発明の作用効果を十分に得ることができる。

【0020】請求項5の発明では、燃料噴射制御手段により燃料の分割噴射を行うときに、燃料噴射弁が開いてから閉じるまでの間隔は、略800マイクロ秒以下とする。このようにすれば、燃料噴射弁の1回の開弁による燃料の噴出量を十分に少なくして、その燃料の油滴同士の再結合を抑制することができるので、請求項1の発明の作用効果を十分に得ることができる。

【0021】請求項6の発明では、燃料噴射制御手段により燃料の分割噴射を行うときに、燃料噴射弁が2回目に開くのは気筒の圧縮上死点以降とする。このことで、燃料噴射弁の2回目の開弁によって燃焼室に噴出した燃料は直ちに燃焼し、この燃焼によって燃焼室の圧力が大きく上昇して圧縮空気の粘性が高くなるので、その後に噴出した燃料の油滴は直ちに減速され、先に噴出した燃料の油滴に追いつくことが確実に防止されて、請求項1の発明の作用効果がさらに高まる。また、燃焼の終了する時期が遅くなるので、その分、排気圧力及び排気温度を高めることができる。

【0022】尚、従来から、ディーゼルエンジンにおいて初期の急激な燃焼を緩和するために行われているパイロット噴射では、その燃料噴射量が少ないので、噴射後すぐには燃焼せず、気筒の圧縮上死点でその燃料が燃焼

しても上述の如く圧縮空気の粘性が高くなることはなく、本発明のような作用効果は得られない。

【0023】請求項7の発明では、燃料噴射制御手段により燃料の分割噴射を行うときに、燃料噴射弁が最後に閉じるのは、気筒の圧縮上死点後35°CA以前とする。すなわち、気筒の圧縮上死点後35°CA以後では燃焼室の温度及び圧力が急激に低下するので、このときに燃料を噴射してもその燃料を良好に燃焼させることができず、燃費の悪化やスモークの増大といった弊害を招く。そこで、この発明では、最後に燃料噴射弁が閉じる時期を気筒の圧縮上死点後35°CA以前として、前記の弊害を防止することができる。

【0024】請求項8の発明では、燃料噴射制御手段により燃料の分割噴射を行うときに、燃料噴射は3回以上に分割して行うものとする。このことで、燃料噴射の分割回数を多くすれば、例えばエンジンの高負荷運転状態等において1回の燃焼サイクルにおける総燃料噴射量が多くなっても、そのときの1回の開弁時間は十分に短くすることができる。

【0025】請求項9の発明では、燃料噴射制御手段は、噴射量決定手段により決定された噴射量の燃料噴射の直前にそれとは別にパイロット噴射を行う構成とする。このことで、パイロット噴射を行うことによって、主燃料噴射により噴射された燃料の予混合燃焼時の燃焼圧力等の立ち上がりを緩和して、エンジンの運転騒音や振動を低減することができる。

【0026】請求項10の発明では、エンジンの排気を浄化する浄化材と、該浄化材の温度状態を推定する温度状態推定手段とを設け、燃料噴射制御手段は、前記温度状態推定手段による浄化材の推定温度状態が該浄化材の未活性状態に対応するものであるときに、燃料噴射を分割して行う構成とする。

【0027】このことで、例えば、エンジンの冷間始動後に例えばHC、COを酸化する酸化触媒やNO_x吸収材等の浄化材が未活性状態になっているとき、或いはエンジンがアイドル運転状態になっていて、排気温度の低下により前記浄化材の温度状態が前記未活性状態に対応するものになったときには、燃料噴射制御手段により主燃料噴射が分割して行われ、燃費の悪化や排気有害成分の増大を招くことなく、排気温度が高められて、浄化材の温度状態が上昇する。このことにより、未活性状態の浄化材を早期に昇温させかつ暖機状態に維持して、排気浄化性能を十分に発揮させることができる。

【0028】請求項11の発明では、エンジンの排気を浄化するとともに、排気中に含まれる浄化性能劣化成分を吸着して、該劣化成分を所定以上の高温状態で放出する浄化材と、該浄化材への劣化成分の吸着状態を推定する吸着状態推定手段とを設け、燃料噴射制御手段は、前記吸着状態推定手段による劣化成分の推定吸着量が所定量以上になったときに、燃料噴射を分割して行う構成と

する。

【0029】このことで、エンジンの運転中に浄化材が排気中の劣化成分（例えば、硫黄化合物等）を所定量以上、吸着すると、燃料噴射制御手段により主燃料噴射が分割して行われ、燃費の悪化や排気有害成分の増大を招くことなく、排気圧力及び排気温度が高められて、浄化材の温度状態が上昇する。このことにより、浄化材を所定の高温状態にさせて劣化成分を放出させることが可能になり、よって、浄化材の劣化を解消してその性能を安定確保することができる。

【0030】請求項12の発明では、エンジンの排気により吸気を過給するターボ過給機が設けられ、燃料噴射制御手段は、エンジンの加速運転時に燃料噴射を分割して行う構成とする。

【0031】このことで、エンジンの加速運転時には、燃料噴射制御手段により主燃料噴射が分割して行われ、燃費の悪化や排気有害成分の増大を招くことなく、排気圧力及び排気温度が高められて、ターボ過給機による吸気の過給効果が高まる。つまり、エンジンの加速運転時に燃焼室への吸気充填量を速やかに増大させてエンジン出力を高めることができ、よって、エンジンの加速性能を向上させることができる。

【0032】請求項13の発明では、請求項12の発明におけるターボ過給機は、タービンへの排気流速を変更する可変機構を有するものとする。このことで、エンジンの加速運転時には可変機構によりタービンへの排気流速を変更することで、エンジン回転数によらず十分な過給圧を得ることができるので、エンジンの加速性能をさらに向上させることができる。

【0033】次に、本発明の第2の解決手段では、ディーゼルエンジンにおいてその要求出力に対応する噴射量と同じか或いはそれ以上の燃料を、気筒の圧縮上死点近傍で複数回に分割して噴射させるようにした。

【0034】すなわち、請求項14の発明では、エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、該燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置を前提とする。そして、エンジンの排気を浄化する浄化材と、該浄化材の温度状態を推定する温度状態推定手段とを設け、前記燃料噴射制御手段は、前記温度状態推定手段による浄化材の推定温度状態が該浄化材の未活性状態に対応する温度状態のときに、燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で、かつ複数回に分割して行う構成とする。

【0035】前記の構成によれば、請求項10の発明と同様の作用効果が得られ、燃料噴射の分割により、燃費の悪化や排気有害成分の増大を招くことなく、未活性状態の浄化材を早期に昇温させかつ暖機状態に維持して、排気浄化性能を十分に発揮させることができる。また、それと同時に燃料噴射量を増量すれば、排気温度をさら

に高めることができるので、排気有害成分の増大や燃費悪化を抑制しながら、前記の浄化材の昇温効果を一層、高めることができる。

【0036】請求項15の発明では、エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、該燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置を前提とする。そして、エンジンの排気を浄化するとともに、排気中に含まれる浄化性能劣化成分を吸着して、該劣化成分を所定以上の高温状態で放出する浄化材と、該浄化材への劣化成分の吸着状態を推定する吸着状態推定手段とを設け、前記燃料噴射制御手段は、前記吸着状態推定手段による劣化成分の推定吸着量が所定量以上になったときに、燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で、かつ複数回に分割して行う構成とする。

【0037】前記の構成によれば、請求項11の発明と同様の作用効果が得られ、燃料噴射の分割により、燃費の悪化や排気有害成分の増大を招くことなく、浄化材を所定の高温状態にさせて劣化成分を放出させることが可能になる。また、それと同時に燃料噴射量を増量すれば、排気圧力及び排気温度をさらに高めることができるので、排気有害成分の増大や燃費悪化を抑制しながら、浄化材からの劣化成分の放出を一層、促進することができる。

【0038】請求項16の発明では、エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、該燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置を前提とする。そして、エンジンの排気により吸気を過給するターボ過給機を設け、前記燃料噴射制御手段は、エンジンの加速運転時に、燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で、かつ複数回に分割して行う構成とする。

【0039】前記の構成によれば、請求項12の発明と同様の作用効果が得られ、燃料噴射の分割により、燃費の悪化や排気有害成分の増大を招くことなく、ターボ過給機による吸気の過給効果を高めて、エンジンの加速性能を向上させることができる。また、それと同時に燃料噴射量を増量すれば、そのことによってエンジン出力を高めることができるとともに、排気圧力及び排気温度もさらに高めることができるので、排気有害成分の増大や燃費悪化を抑制しながら、エンジンの加速性能をより一層、向上させることができる。

【0040】請求項17の発明では、エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、該燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置を前提とする。そして、前記燃料噴射制御手段は、燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で、かつ該燃料噴射弁が閉じてから次に開くまでの間隔が略1ミリ秒以下になるように、複数回に分割して行う構成とする。

【0041】前記の構成によれば、請求項3の発明と同様に、複数回に分割して噴射した燃料を途切れずに燃焼させることができるので、請求項1の発明の作用効果が十分に得られる。また、それと同時に燃料噴射量を増量すれば、排気圧力及び排気温度をさらに高めることができるので、排気有害成分の増大や燃費悪化を抑制しながら、前記の発明の作用効果を一層、高めることができる。

【0042】請求項18の発明では、請求項17の発明において、燃料噴射制御手段により燃料の分割噴射を行うときに、燃料噴射弁が開いてから閉じるまでの間隔は、略800マイクロ秒以下とする。このようにすれば、請求項5の発明と同様の作用効果が得られる。

【0043】請求項19の発明では、請求項17又は18のいずれかの発明において、燃料噴射制御手段により燃料の分割噴射を行うときに、燃料噴射弁が2回目に開くのは、気筒の圧縮上死点以後とする。このようにすれば、請求項6の発明と同様の作用効果が得られる。

【0044】請求項20の発明では、請求項1の発明における燃料噴射制御手段を、エンジンの定常運転時に燃料噴射を2回に分割して行うものとする。こうすることで、エンジンの使用頻度の高い通常の運転状態で燃費率が向上するので、全体として大幅な燃費改善が図られる。

【0045】請求項21の発明では、エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、該燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置を前提とする。そして、エンジンの排気を浄化する浄化材と、該浄化材の温度状態を推定する温度状態推定手段とを設け、前記燃料噴射制御手段は、燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で複数回に分割して行うものであって、かつ、前記温度状態推定手段による浄化材の推定温度状態が該浄化材の未活性状態に対応するものであるときには、浄化材が活性状態のときよりも燃料噴射の分割回数を増大させるか、又は燃料噴射弁が閉じてから次に開くまでの間隔を増大させるかの少なくとも一方の補正制御を行う構成とする。

【0046】この構成では、浄化材が未活性状態になっているときに、燃料噴射制御手段により補正制御が行われて、燃料噴射の分割回数が増やされるか又は燃料噴射弁が閉じてから次に開くまでの間隔が増大され、排気温度が高められて浄化材の温度状態が上昇する。これにより、請求項10や請求項14の発明と同様に、燃費の悪化や排気有害成分の増大を抑制しながら、未活性状態の浄化材を早期に昇温させかつ暖機状態に維持して、排気浄化性能を十分に発揮させることができる。

【0047】請求項22の発明では、請求項21の発明において、浄化材に対して供給される排気中の還元剤成分が増大するようエンジンの所定の運転状態で燃料噴射

量を増量補正する噴射量増量補正手段を備えるものとする。このことで、例えば、排気の浄化材としてNO_x還元触媒等を用いた場合に、NO_x浄化を促進させるために燃料増量して排気中の還元剤成分の濃度を増量したり、浄化材の温度状態を高めることができる。また、このような還元剤成分の増量による作用効果と前記請求項21の発明による浄化材の昇温促進効果とを同時に得ることができるので、浄化材による排気浄化性能をさらに高めることができる。

【0048】請求項23の発明では、エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、該燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置を前提とする。そして、エンジンの排気を浄化するとともに、排気中に含まれる浄化性能劣化成分を吸着して、該劣化成分を所定以上の高温状態で放出する浄化材と、該浄化材への劣化成分の吸着状態を推定する吸着状態推定手段とを設け、前記燃料噴射制御手段は、燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で複数回に分割して行うものであって、かつ、前記吸着状態推定手段による劣化成分の推定吸着量が所定量以上になったときには、燃料噴射の分割回数を増大させるか、又は燃料噴射弁が閉じてから次に開くまでの間隔を増大させるかの少なくとも一方の補正制御を行う構成とする。

【0049】この構成では、エンジンの運転中に浄化材が排気中の劣化成分を所定量以上、吸着すると、燃料噴射制御手段により補正制御が行われて、燃料噴射の分割回数が増やされるか、又は燃料噴射弁が閉じてから次に開くまでの間隔が増大され、排気圧力及び排気温度が高められて、浄化材の温度状態が上昇する。これにより、請求項11や請求項15の発明と同様に、燃費の悪化や排気有害成分の増大を抑制しながら、浄化材を所定の高温状態にさせて劣化成分を放出させることが可能になり、よって、浄化材の劣化を解消してその性能を安定確保することができる。

【0050】請求項24の発明では、請求項23の発明において、吸着状態推定手段による劣化成分の推定吸着量が所定量以上になったときに、排気中の酸素濃度が低下するよう、燃焼室の平均空燃比を略理論空燃比付近或いは理論空燃比よりもリッチな状態になるように制御する空燃比制御手段を備えるものとする。このことで、空燃比制御手段により燃焼室の平均空燃比がリッチな状態に制御されて、排気中の還元剤成分の濃度が高められることで、浄化材からの劣化成分の放出が促進される。

【0051】請求項25の発明では、請求項24の発明における空燃比制御手段を、燃料噴射制御手段により補正制御が開始された後で、空燃比の制御を開始するものとする。このことで、浄化材が排気中の劣化成分を所定量以上、吸着したとき、まず、燃料噴射制御手段により補正制御が行われて、主燃料噴射の分割回数の増大等に

よって浄化材の温度状態が高められ、その後、空燃比制御手段により燃焼室の平均空燃比がリッチな状態に制御されることで、浄化材からの劣化成分の放出を極めて効率良く行うことができる。

【0052】請求項26の発明では、エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、該燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置を前提とする。そして、エンジンの排気により吸気を過給するターボ過給機を設け、前記燃料噴射制御手段は、燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で複数回に分割して行うものであって、かつ、エンジンの加速運転時には、燃料噴射の分割回数を増大させるか、又は燃料噴射弁が閉じてから次に開くまでの間隔を増大させるかの少なくとも一方の補正制御を行う構成とする。

【0053】この構成では、エンジンの加速運転時には、燃料噴射制御手段により補正制御が行われ、燃料噴射の分割回数が増やされるか、又は燃料噴射弁が閉じてから次に開くまでの間隔が増大されて、排気圧力及び排気温度が高められる。これにより、請求項12や請求項16の発明と同様に、燃費の悪化や排気有害成分の増大を抑制しながら、ターボ過給機による吸気の過給効果を高めて、エンジンの加速性能を向上させることができる。

【0054】請求項27の発明では、エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、前記燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置を前提とする。そして、前記燃料噴射制御手段を、エンジンの定常運転時に、前記燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で、かつ2回に分割して行う構成とする。このことで、請求項20の発明と同様の作用効果が得られる。

【0055】請求項28の発明では、エンジンの気筒内燃焼室に臨むように配設された燃料噴射弁と、該燃料噴射弁により燃料を噴射させる燃料噴射制御手段とを備えたディーゼルエンジンの燃料噴射装置を前提とする。そして、エンジンの排気の一部を吸気系に還流させる排気還流通路と、該排気還流通路による排気還流量を調節する排気還流量調節手段と、前記排気還流量調節手段を、排気還流量の全吸気量に対する排気還流割合が基本的にエンジンの低負荷側で高負荷側よりも増大するように制御するとともに、所定の低負荷運転領域においては排気還流割合が少なくとも低負荷と高負荷との間の中負荷運転領域よりも低くなるように制御する排気還流制御手段とを設け、前記燃料噴射制御手段は、燃料噴射弁による燃料の噴射を気筒の圧縮上死点近傍で複数回に分割して行うものであって、かつ、エンジンが前記所定の低負荷運転領域にあるときには、中付加運転領域よりも燃料噴射の分割回数を増大させるか、又は燃料噴射弁が閉じてか

ら次に開くまでの間隔を増大させるかの少なくとも一方の補正制御を行う構成とする。

【0056】この構成では、排気還流制御手段により排気還流量調節手段が制御されることで、排気の還流割合が基本的にエンジンの低負荷側で高負荷側よりも大きくされ、相対的に低負荷の状態では燃焼室への排気還流量を十分に確保して、NOxの生成を低減することができる一方、相対的に高負荷の状態では空気の吸入量を十分に確保して、高負荷状態に対応した大きな出力を得ることができる。

【0057】また、一般的に、エンジンが所定の低負荷運転状態にあるときには、この状態から加速運転状態に移行する頻度が極めて高いと考えられる。そこで、このときには排気還流割合をエンジンの中負荷運転領域よりも低くなるように制御することで、加速運転状態へ移行するときには排気還流割合を迅速に低下させることができ、これにより、燃焼室への吸入空気量を加速運転のための燃料増量に遅れないよう速やかに増大させて、空燃比のリッチ化に起因するスモーク増大を回避することができる。しかも、その際、燃料噴射制御手段により補正制御が行われて、主燃料噴射の分割回数の増大等によってNOxの生成が抑えられるので、前記のように排気の還流割合を減少させていても、NOx排出量が過大になることはない。

【0058】

【発明の実施の形態】（実施形態1）図1は本発明の実施形態1に係るディーゼルエンジンの燃料噴射装置Aの全体構成を示し、1は車両に搭載された多気筒ディーゼルエンジンである。このエンジン1は複数の気筒2、2、…（1つのみ図示する）を有し、その各気筒2内に往復動可能にピストン3が嵌挿されていて、このピストン3によって各気筒2内に燃焼室4が区画されている。また、燃焼室4の上面の略中央部には、インジェクタ（燃料噴射弁）5が先端部の噴孔を燃焼室4に臨ませて配設され、各気筒毎の所定の噴射タイミングで開閉作動されて、燃焼室4に燃料を直接噴射するようになっている。さらに、図示しないエンジン1のウォータジャケットに臨むように、冷却水の温度（エンジン水温）を検出する水温センサ18が設けられている。

【0059】前記各インジェクタ5は高圧の燃料を蓄える共通のコモンレール（蓄圧室）6に接続されていて、そのコモンレール6には、内部の燃圧（コモンレール圧）を検出する圧力センサ6aが配設されているとともに、クランク軸7により駆動される高圧供給ポンプ8が接続されている。この高圧供給ポンプ8は、圧力センサ6aにより検出されるコモンレール6内の燃圧が所定値以上に保持されるように作動する。また、クランク軸7の回転角度を検出するクランク角センサ9が設けられており、このクランク角センサ9は、クランク軸7の端部に設けた被検出用プレート（図示せず）と、その外周に

相対向するように配置された電磁ピックアップとからなり、その電磁ピックアップが、被検出用プレートの外周部全周に所定角度おきに形成された突起部の通過に対応してパルス信号を出力するようになっている。

【0060】また、10はエンジン1の燃焼室4に対し図外のエアクリーナで汚した空気を供給する吸気通路であり、この吸気通路10の下流端部は、図示しないがサージタンクを介して気筒毎に分岐して、それぞれ吸気ポートにより各気筒2の燃焼室4に接続されている。また、サージタンク内で各気筒2に供給される過給圧力を検出する吸気圧センサ10aが設けられている。前記吸気通路10には上流側から下流側に向かって順に、エンジン1に吸入される吸気流量を検出するホットフィルム式エアフローセンサ11と、後述のタービン21により駆動されて吸気を圧縮するブロワ12と、このブロワ12により圧縮した吸気を冷却するインタークーラ13と、吸気通路10の断面積を絞る吸気絞り弁14とがそれぞれ設けられている。この吸気絞り弁14は、全閉状態でも吸気が流通可能なように切り欠きが設けられたバタフライバルブからなり、後述のEGR弁24と同様、ダイヤフラム15に作用する負圧の大きさが負圧制御用の電磁弁16により調節されることで、弁の開度が制御されるようになっている。また、前記吸気絞り弁14の開度を検出する図示しないセンサが設けられている。

【0061】一方、20は各気筒2の燃焼室4から排気を排出する排気通路で、この排気通路20の上流端部は分岐してそれぞれ図示しない排気ポートにより各気筒2の燃焼室4に接続されている。この排気通路20には、上流側から下流側に向かって順に、排気の空燃比が略理論空燃比のときを境に出力が急変するラムダO₂センサ（図示せず）と、排気流により回転されるタービン21と、排気中のHC、CO及びNO_x等を浄化する触媒（浄化材）22とが配設されている。

【0062】前記触媒22は、軸方向（排気の流れ方向）に沿って互いに平行に延びる多数の貫通孔を有するハニカム構造のコーセライト製担体（図示せず）の各貫通孔壁面に触媒層を2層に形成したもので、具体的に、内側触媒層には白金Pt等の貴金属とNO_x吸収材であるバリウムBaとが、多孔質材料であるアルミナやセリアをサポート材として担持されており、一方、外側触媒層には白金Pt及びロジウムRhとBaとが多孔質材料であるゼオライトをサポート材として担持されている。

【0063】この触媒22は、排気中の酸素濃度が高いとき、即ち燃焼室4の平均的空燃比がリーンな状態のときにNO_xを吸収する一方、該燃焼室4の平均的空燃比が略理論空燃比付近又はそれよりもリッチな状態になって、排気中の酸素濃度が低下すれば、吸収したNO_xを放出して、還元浄化する吸収還元タイプのものである。このようなNO_xの吸収・放出作用は触媒22の温度状

態に依存していて、例えば図2に示すように、触媒22による排気中のNO_x浄化率は約250°C〜約400°Cの温度範囲で極めて高くなるものの、それよりも温度状態の低い触媒22の未暖機状態（未活性状態）では、温度の低下とともにNO_x浄化率も急速に低下してしまう。また、触媒22の温度状態が400°C以上でもNO_x浄化率は温度上昇とともに低下する。

【0064】さらに、前記触媒22のバリウムBa粒子には、排気中のNO_xよりも硫酸化合物（劣化成分：SO_x）を吸着しやすいという特性がある。このため、燃料やエンジンオイルに含まれる硫黄成分（S）が燃焼して排出されると、この排気中のSO_xは前記バリウム粒子表面に吸着され、その吸着量の増大とともに触媒22のNO_x吸収性能が低下するいわゆる硫黄被毒が発生する。そして、この吸着したSO_xを脱離させるためには、触媒22を所定温度（例えば約450°C）以上の高温状態にさせる必要がある。

【0065】尚、前記触媒22において、不純物は1%以下であることが好ましい。また、前記バリウムBaに代えてそれ以外のアルカリ土類金属やナトリウムNa等のアルカリ金属、又は希土類金属のうちの少なくとも一種を用いるようにしてもよい。また、前記内側触媒層のサポート材としてゼオライトを用いてもよく、その場合には前記外側触媒層のサポート材として、アルミナ又はセリアを用いてもよい。さらに、前記触媒22としては、担体の壁表面にアルミナやセリアがサポート材として担持された触媒層を形成し、このサポート材に、白金Pt、ロジウムRh、パラジウムPd等の貴金属と、カリウムK等のアルカリ金属やバリウムBa等のアルカリ土類金属とを担持した1層コートタイプのものを用いてもよい。

【0066】前記タービン21及びブロワ12からなるターボ過給機25は、図3に示すように、タービン21を収容するタービン室21aに該タービン21aの全周を囲むように複数のフラップ21b、21b、…が設けられ、その各フラップ21bが排気流路のノズル断面積（A）を変化させるように回転するVGT（バリエブルジオメトリーターボ）である。このVGTの場合、同図（a）に示すように、フラップ21b、21b、…をタービン21に対し周方向に向くように位置付けてノズル断面積（A）を小さくすることで、排気流量の少ないエンジン1の低回転域でも過給効率を高めることができる。一方、同図（b）に示すように、フラップ21b、21b、…をその先端がタービン21の中心に向くように位置付けて、ノズル断面積（A）を大きくすることで、排気流量の多いエンジン1の高回転域でも過給効率を高めることができる。

【0067】前記排気通路20は、タービン21よりも上流側の部位で、排気の一部を吸気側に還流させる排気還流通路（以下EGR通路という）23の上流端に分岐

接続されている。このEGR通路23の下流端は吸気絞り弁14よりも下流側の吸気通路10に接続されており、そのEGR通路23の途中の下流端寄りには、開度調節可能な負圧作動式の排気還流量調節弁（以下EGR弁という）24が配置されていて、排気通路20の排気の一部をEGR弁24により流量調節しながら吸気通路10に還流させるようになっている。

【0068】前記EGR弁24は、図示しない弁本体がスプリングによって閉方向に付勢されている一方、ダイヤフラム24aにより開方向に作動されて、EGR通路23の開度をリニアに調節するものである。すなわち、前記ダイヤフラム24aには負圧通路27が接続され、この負圧通路27が負圧制御用の電磁弁28を介してバキュームポンプ（負圧源）29に接続されていて、その電磁弁28が後述のECU35からの制御信号によって負圧通路27を連通又は遮断することにより、EGR弁駆動負圧が調節されて、EGR弁24が開閉作動されるようになっている。また、EGR弁24の弁本体の位置を検出するリフトセンサ26が設けられている。

【0069】尚、前記ターボ過給機25のフラップ21b、21b、…にもEGR弁24と同様にダイヤフラム30が取り付けられていて、負圧制御用の電磁弁31によりダイヤフラム30に作用する負圧が調節されることで、前記フラップ21b、21b、…の作動量が調節されるようになっている。

【0070】前記各インジェクタ5、高圧供給ポンプ8、吸気絞り弁14、EGR弁24、ターボ過給機25のフラップ21b、21b、…等はコントロールユニット（Engine Control Unit：以下ECUという）35からの制御信号によって作動するように構成されている。一方、このECU35には、前記圧力センサ6aからの出力信号と、クランク角センサ9からの出力信号と、エアフローセンサ11からの出力信号と、水温センサ18からの出力信号と、EGR弁24のリフトセンサ26からの出力信号と、車両の運転者による図示しないアクセルペダルの操作量（アクセル開度）を検出するアクセル開度センサ32からの出力信号とが少なくとも入力されている。

【0071】そして、インジェクタ5の作動による燃料噴射制御が行われて、燃料噴射量や燃料噴射時期等がエンジン1の運転状態に応じて制御されるとともに、高圧供給ポンプ8の作動によるコモンレール圧力、即ち燃量噴射圧の制御が行われ、これに加えて、吸気絞り弁14の作動による吸入空気量の制御と、EGR弁24の作動による排気還流量の制御と、ターボ過給機25のフラップ21b、21b、…の作動制御（VGT制御）とが行われるようになっている。

【0072】（燃料噴射制御）具体的に、前記ECU35には、エンジン1の目標トルク及び回転数の変化に応じて実験的に決定した最適な燃料噴射量Qを記録した燃

料噴射量マップが、メモリ上に電子的に格納して備えられている。そして、通常は、アクセル開度センサ32からの出力信号に基づいて求めた目標トルクとクランク角センサ9からの出力信号に基づいて求めたエンジン回転数とに基づいて、前記燃料噴射量マップから基本燃料噴射量 Q_{base} が読み込まれ、この基本燃料噴射量 Q_{base} と圧力センサ6aにより検出されたコモンレール圧力とに基づいて、各インジェクタ5の励磁時間（開弁時間）が決定されるようになっている。尚、前記のようにして求めた燃料噴射量をエンジン水温や大気圧等に応じて補正した上で、この補正後の燃料噴射量を基本燃料噴射量 Q_{base} としてもよい。

【0073】前記のような基本的な燃料噴射制御によって、エンジン1の目標トルク（エンジン1への要求出力）に対応する分量の燃料が供給され、エンジン1は燃焼室4における平均的空燃比がかなりリーン（ $A/F \geq 18$ ）な状態で運転される。すなわち、エンジン1の目標トルクをアクセル開度とエンジン回転数とに基づいて正確に検出し、その目標トルクに対応する分量以上の余分な燃料は噴射しないようにしているので、車両の走行中に全体として燃費改善が図られている。前記アクセル開度センサ32及びクランク角センサ9がエンジン1への要求出力を検出する要求出力検出手段に対応している。

【0074】また、この実施形態では、エンジン1の排気通路20に設けた触媒22における NO_x 吸収量や SO_x 吸着量をそれぞれ推定し、それらの推定値が所定量以上に大きくなって NO_x 吸収性能の低下が予想されるときに、それらを放出させて触媒の機能を回復させるようにしている。すなわち、詳しくは後述するが、主に燃料噴射量の増量によって燃焼室4の平均的空燃比を略理論空燃比付近か或いはそれよりもリッチな状態に制御するとともに、図4（b）に示すように、燃料を気筒の圧縮上死点（TDC）近傍での主燃料噴射（以下主噴射という）に加えて、前記の増量分の燃料 Q_c を吸気行程初期から膨張行程前半までの間での副噴射によって噴射させることにより、触媒22から吸収した NO_x を放出させたり、吸着している SO_x を脱離させたりすることができる（以下、それぞれ NO_x 放出制御、 SO_x 脱離制御という）。尚、同図（b）に破線で示すように、副噴射を膨張行程ないし排気行程で行うようにしてもよい。

【0075】そして、本発明の特徴部分は、前記触媒22の温度状態を高めたいときやエンジン1が加速運転状態にあるときには、同図（c）に示すように、気筒の圧縮上死点近傍で行う主噴射を3回に分割して、互いに等間隔を空けて行うことにより、排気圧力及び排気温度を高めるようにしたことにある。

【0076】以下に、前記ECU35における、インジェクタ5による燃料噴射制御の処理動作について具体的

に図5～図7に示すフローチャート図に沿って説明する。尚、この制御は各気筒毎に独立して所定クランク角で実行される。

【0077】まず、前記図5に示すスタート後のステップSA1において、クランク角信号、エアフローセンサ出力、アクセル開度、エンジン水温等のデータを入力し、続くステップSA2において、アクセル開度から求めた目標トルクとクランク角信号から求めたエンジン回転数 N_e とに基づいて、燃料噴射量マップから基本燃料噴射量 Q_{base} を読み込むとともに、その噴射時期 IT_{base} を予め設定したマップから読み込む。この噴射時期のマップには、エンジン水温 T_w 及びエンジン回転数 N_e に対応する最適な噴射時期が実験的に求められて記録されており、例えば、エンジン水温 T_w やエンジン回転数 N_e が異なれば燃料噴霧の着火遅れ時間が異なるので、このことに対応するように、基本的な噴射時期 IT_{base} はエンジン水温 T_w が低いほど、またエンジン回転数 N_e が高いほど早められるように設定されている。

【0078】続いて、ステップSA3では、エンジン水温 T_w が設定水温 T_{w0} よりも低いかなんかを判別する。この設定水温 T_{w0} は触媒22の未暖機状態に対応する水温であり、エンジン水温 T_w が設定水温 T_{w0} よりも低いYESであれば、ステップSA4に進んで、触媒の暖機を促進するために主噴射の分割制御を行うことを示すフラグ F_p をオンにして($F_p=1$)、図7のステップSC1に進む。つまり、エンジン1の冷間始動時に触媒22が未暖機状態になっていれば、主噴射の分割制御により排気温度を高めて、触媒22の昇温を図るようにしている。一方、エンジン水温 T_w が設定水温 T_{w0} 以上になっていれば(ステップSA3でNO)、触媒22は暖機状態にあると判定して、ステップSA5に進む。

【0079】このステップSA5では、触媒22における NO_x の吸収量を推定する。この推定は、例えば車両の走行距離とその間の燃料の総噴射量とを積算し、その積算値に基づいて行うようにすればよく、或いは、エンジン1の運転時間とその間の燃料の総噴射量とを積算し、さらにエンジン1の運転状態に基づいてその積算値を修正して、その修正後の積算値に基づいて NO_x 吸収量を推定するようにしてもよい。また、エンジン1の運転時間だけに基いて、所定時間毎に NO_x 吸収量が大であると推定することも可能である。そして、続くステップSA6において、 NO_x 吸収量の推定値が設定値以上か否かを判別し、推定値が設定値よりも小さければステップSA16に進む一方、推定値が設定値以上でYESならばステップSA7に進み、このステップSA7で、 NO_x 放出制御を行う期間であることを示すフラグ F_1 をオンにして($F_1=1$)、ステップSA8に進む。

【0080】このステップSA8では、触媒22の温度状態(触媒温度 T_c)を推定する。この推定は、例えば現在までの所定期間におけるエンジン水温 T_w の履歴とその

間のエンジン回転数や車速等に基づいて行うようにすればよく、或いは、触媒22の近傍の排気通路20に温度センサを設けて、このセンサからの出力に基づいて直接的に推定するようにしてもよい。続いて、ステップSA9において、推定した触媒温度 T_c が触媒22の NO_x 除去性能の低下する第1設定温度 T_{c1} (例えば $250^{\circ}C$)よりも低いかなんかを判別する。この判別がYESであれば、触媒22は未暖機状態になっていて、 NO_x の吸収又は放出作用が低下しているので、ステップSA10に進んで、フラグ F_p をオン状態にして($F_p=1$)、図6のステップSB1に進む。

【0081】つまり、 NO_x 吸収量が多くなり触媒22の浄化性能が低下すると考えられる場合であっても、触媒22が未暖機状態であれば、 NO_x の放出による触媒22のリフレッシュを十分に促進することはできないので、このときには、まず主噴射の分割制御によって、触媒22の昇温を図るようにしている。

【0082】また、前記ステップSA9の判別結果がNOであれば、ステップSA11に進んでフラグ F_p をクリアし、続くステップSA12では、初期値0の第1タイマ値 T_1 をインクリメントする。続いて、ステップSA13において、その第1タイマ値 T_1 が予め設定したしきい値 T_{10} 以上になったかなんかを判別する。この判別がNOであればステップSA14に進み、燃焼室4の平均的空燃比が略理論空燃比付近になるように基本燃料噴射量 Q_{base} を増量補正する燃料増量補正量 Q_c ($Q_c=R_1$)を決定して、図6のステップSB1に進む。

【0083】すなわち、例えばエアフローセンサ11の出力から求められる吸入空気量に基づいて、この吸入空気量に対して略理論空燃比付近になるような燃料噴射量を演算して、燃料増量補正量 Q_c を決定する。一方、前記ステップSA13の判定がYESであれば、 NO_x 放出制御を行う期間は終了したので、ステップSA15で燃料増量補正量 Q_c を零にし($Q_c=0$)、ステップSA16でフラグ F_1 をクリアして($F_p=0$)、図6のステップSB1に進む。

【0084】つまり、 NO_x 吸収量が多くなり触媒22の浄化性能が低下すると考えられる場合であっても、触媒22が暖機状態であれば、 NO_x 放出制御により該触媒22から NO_x を放出させて還元浄化することにより、触媒22のリフレッシュを図るようにしている。

【0085】また、前記ステップSA6において、 NO_x 吸収量の推定値が設定値よりも小さいと判定されて進んだステップSA17では、フラグ F_1 の状態を判別して、オン状態でYESならば($F_1=1$)、 NO_x 放出制御の途中なので前記ステップSA8に進む一方、オフ状態でNOならば($F_1=0$)、 NO_x 放出制御を行う期間ではないので、続くステップSA18で第1タイマ値 T_1 をリセットし($T_1=0$)、続くステップSA19でフラグ F_p をクリアして($F_p=0$)、図6のステップ

SB1に進む。

【0086】前記図5に示すフローのステップSA10, SA14, SA16, SA18に続いて、図6に示すフローのステップSB1では、今度は、触媒22の硫黄被毒の度合い、即ちSOx吸着量を推定する。この推定も前記ステップSA5におけるNOx吸収量の推定と同様に行い、その推定結果に基づいて、続くステップSB2では、SOx吸着量が予め設定した所定値以上の過剰状態になったかどうか判定する。尚、排気中の硫黄成分は僅かなので、通常、SOx吸着量が過剰になるまでの走行距離は、NOx吸収量が過剰になるまでの走行距離よりもはるかに長い。

【0087】前記ステップSB2の判定がNOであればステップSB12に進む一方、判定がYESであればステップSB3に進み、以下のステップSB3～SB11の各ステップにおいて、前記図5のフローのステップSA7～SA15と同様にしてSOx脱離制御を行う。すなわち、触媒22へのSOx吸着量が過剰であると判定されれば、SOx脱離制御を行う期間であることを示すフラグF2をオン状態にする（ステップSB3）。そして、触媒温度Tcが、SOxの脱離を促進できるような高温状態の第2設定温度Tc2（例えば450°C）よりも低ければ（ステップSB4でYES）、フラグFpをオン状態にして（Fp=1）ステップSB15に進む。

【0088】また、触媒温度Tcが第2設定温度Tc2以上ならば（ステップSB4でNO）、第2タイマ値T2が予め設定したしきい値T20以上になるまでの間、燃焼室4の平均的空燃比が理論空燃比よりもリッチな状態になるように基本燃料噴射量Qbaseを増量補正する燃料増量補正量Qc（ $Qc=R2 \geq R1$ ）を求め（ステップSB6～SB9）、一方、前記第2タイマ値T2がしきい値T20を越えてSOx脱離制御の期間が終了すれば、前記燃料増量補正量Qcを零にした後にフラグF2をクリアして（ステップSB10, SB11）、それぞれステップSB15に進む。

【0089】つまり、SOxの吸着量が過剰になり触媒22が劣化していると考えられる場合であっても、触媒22の温度状態がある程度以上、高くなければSOxを脱離させることはできないので、まず主噴射の分割制御によって、触媒22の昇温を図る一方、触媒22の温度状態が十分に高ければ、SOx脱離制御により該触媒22からSOxを脱離させるようにしている。

【0090】また、前記ステップSB2において、SOx吸着量の推定値が設定値よりも小さいと判定されて進んだステップSA17では、フラグF2の状態を判別して、オン状態でYESならば（F2=1）、SOx脱離制御の途中なので前記ステップSB4に進む一方、オフ状態でNOならば（F2=0）、SOx脱離制御を行う期間ではないので、続くステップSB13で第2タイマ値T2をリセットし（T2=0）、続くステップSB14

でフラグFpをクリアして（Fp=0）、ステップSB15に進む。

【0091】前記ステップSB9, SB11, SB14に続くステップSB15では、エンジン1が加速運転状態になっているかどうか判定する。そして、例えばアクセル開度やエンジン回転数の変化等に基づいてエンジン1の加速運転状態が判定されれば、続くステップSB16でフラグFpをオン状態にする一方（Fp=1）、エンジン1が加速運転状態でなければ、フラグFpの状態はそのまま、図7のステップSC1に進む。つまり、エンジン1の加速運転状態では、触媒22の状態に拘わらず主噴射の分割制御を行い、排気圧力を増大させてターボ過給機25の過給効果を高めるようにしている。

【0092】前記ステップSB15, SB16に続いて、図7に示すフローのステップSC1では、まず、フラグFpがオン状態か否かを判別する。この判別結果がNOならばステップSC11に進む一方、判別結果がYESならばステップSC2に進み、基本燃料噴射量Qbaseに燃料増量補正量Qcを加えて、総燃料噴射量Qtを演算する。ここで、フラグF1又はF2のいずれかがオン状態になっていなければ、即ち触媒22がNOxやSOxの過剰状態でなければ、燃料増量補正量Qc=0なので、総燃料噴射量Qtは基本燃料噴射量Qbaseに等しくなる。続いて、ステップSC3では、前記総燃料噴射量Qtを3等分して、それぞれ最終的な第1、第2及び第3燃料噴射量Q1, Q2, Q3とする。

【0093】続いて、ステップSC4において、第1～第3燃料噴射時期IT1～IT3を設定する。ここで、図4(c)に示すように、第1噴射時期IT1は基本的な噴射時期ITbaseと同じであり、続く第2噴射時期IT2及び第3噴射時期IT3は、それぞれ先の噴射が終了してインジェクタ5が閉じてから設定間隔Δt（例えばΔt=900マイクロ秒）を空けて設定される。ここで、前記設定間隔Δtは略100マイクロ秒以上でかつ略1ミリ秒以下とすればよいが、第3噴射の終了時期が気筒の圧縮上死点後35°CA（ATDC35°CA）よりも以前になるように設定される。尚、インジェクタ5の1回の開弁時間は総燃料噴射量Qtや燃料圧力に応じて設定されるが、この1回の開弁時間が略800マイクロ秒以下になるのが好ましいので、そうなるように、主噴射の分割回数を例えば4回～7回くらいに増やしてもよい。

【0094】続いて、ステップSC5では、クランク角信号に基づいて第1噴射時期IT1になったか否かを判別し、噴射時期になるまで待つ（ステップSC5でNO）、噴射時期になれば（ステップSC5でYES）、ステップSC6に進んで第1噴射を行い、第1燃料噴射量Q1の燃料をインジェクタ5により燃焼室4に噴射する。続くステップSC7では、同様にクランク角信号に基づいて第2噴射時期IT2になったか否かを判別し、噴射時期になるまで待つ（ステップSC7でNO）、噴射

時期になれば(ステップSC7でYES)、ステップSC8に進んで第2噴射を実行する。そして、続くステップSC9、SC10において同様に第3噴射を実行して、しかる後にリターンする。

【0095】つまり、フラグFpがオン状態になっているとき($Fp=1$)、言い換えると、①エンジン1の冷間始動時に触媒22が未暖機状態になっているとき、②エンジン1の運転中にNOx放出制御を行いたいのだが、一旦、暖機状態になった触媒22の温度が低下して未暖機状態になっているとき、③SOx脱離制御を行いたいのだが、触媒22の温度が十分に高くないとき、④エンジン1が加速運転状態になっているときの4つのうちのいずれかのときに、主噴射の分割制御を行う。

【0096】これに対し、前記ステップSC1でフラグFpがオフ状態になっていると判定されて進んだステップSC11では、フラグF1がオン状態になっているか否かを判別する。そして、この判別結果がYES($F1=1$)ならばステップSC13に進む一方、判別結果がNO($F1=0$)ならばステップSC12に進んで、今度は、フラグF2がオン状態になっているか否かを判別し、この判別結果がYES($F2=1$)ならばステップSC13に進む一方、判別結果がNO($F2=0$)ならばステップSC18に進む。

【0097】前記ステップSC11又はステップSC12のいずれかでYESと判定されて進んだステップSC13では、副噴射及び主噴射の噴射時期ITL、ITTをそれぞれ設定する。ここで、図4(b)に示すように、前記副噴射は気筒の吸気行程初期から圧縮行程前半までの間に行われる早期噴射か、或いは主噴射の終了後に膨張行程ないし排気行程で行われる後期噴射であり、この実施形態では副噴射の噴射時期ITLは気筒の吸気行程前半に設定される。一方、主噴射の噴射時期ITTは圧縮行程の終期に設定される。

【0098】続いて、ステップSC14において、クランク角信号に基づいて副噴射時期ITLになったか否かを判別し、噴射時期になるまで待つて(ステップSC14でNO)、噴射時期になれば(ステップSC14でYES)、ステップSC15に進んで副噴射を行い、燃料増量補正量Qcの燃料をインジェクタ5により燃焼室4に噴射する。続くステップSC16では、同様にクランク角信号に基づいて主噴射時期ITTになったか否かを判別し、噴射時期になるまで待つて(ステップSC16でNO)、噴射時期になれば(ステップSC16でYES)、ステップSC17に進んで主噴射を行い、基本燃料噴射量Qbaseの燃料をインジェクタ5により燃焼室4に噴射して、しかる後にリターンする。

【0099】つまり、フラグF1又はフラグF2のいずれかがオン状態になっているとき($F1=1$ 又は $F2=1$)、言い換えると、まずエンジン1が加速運転時ではなく、その上で、①触媒22におけるNOx吸収量が過

剰になっていて、かつ該触媒22が暖機状態になっているとき、又は、②触媒22の硫黄被毒による性能低下が懸念され、かつ該触媒22が十分に高温状態になっているときのいずれかであれば、エンジン1の燃焼室4の平均的空燃比が略理論空燃比付近かそれよりもリッチな状態になるように、即ち排気中の酸素濃度が略1%以下の低濃度になるように燃料噴射量を増量補正するとともに、その増量した分の燃料Qcを気筒の吸気行程前半に追加して噴射するようにしている。

【0100】尚、前記のように増量分の燃料Qcを早期噴射するのではなく、一旦、QbaseとQcとを足し合わせて総燃料噴射量Qtを求め、このQtを早期噴射量Qrlと後期噴射量Qrtとに2分割して、それぞれ噴射するようにしてもよい。この場合には、前記早期噴射の噴射割合はエンジン1の負荷状態及び回転数に基づいて設定すればよいが、この早期噴射の噴射割合は後期噴射量の8~23%の範囲とするのが好ましい。

【0101】さらに、前記ステップSC11及びステップSC12でそれぞれフラグF1、F2がオフ状態になっていると判定されて進んだステップSC18では、クランク角信号に基づいて基本噴射時期ITbaseになったか否かを判別し、噴射時期になるまで待つて(ステップSC18でNO)、噴射時期になれば(ステップSC18でYES)、ステップSC19に進んで主噴射を行い、基本燃料噴射量Qbaseの燃料をインジェクタ5により燃焼室4に噴射して、しかる後にリターンする。

【0102】この実施形態では、前記図5に示すフローのステップSA2により、アクセル開度センサ32及びクランク角センサ9からの出力に基づいて検出されたエンジン1の目標トルクに応じて、燃料の基本噴射量を決定する噴射量決定手段35aが構成されている。また、ステップSA8により、触媒22の温度状態を推定する温度状態推定手段35bが構成されており、また、前記図6に示すフローのステップSB1により、触媒22への硫黄成分の吸着状態を推定する吸着状態推定手段35cが構成されている。

【0103】さらに、前記図7に示すフローのステップSC2~SC10によって、前記触媒22が未暖機状態であるか、前記触媒22がNOxの吸収過剰状態もしくは硫黄成分の吸着過剰状態であってかつ触媒22の温度状態が十分に高くないか、又はエンジン1が加速運転状態にあるときに、インジェクタ5により燃料を気筒2の圧縮上死点近傍から3回に分割して噴射させる燃料噴射制御手段35dが構成されている。

【0104】そして、前記燃料噴射制御手段35dにより燃料噴射を分割して行うときには、インジェクタ5の一旦、閉弁してから次に開弁するまでの間隔が略900マイクロ秒とされ、かつ該インジェクタ5の開弁時間が略800マイクロ秒以下とされるとともに、該インジェクタ5の噴射時期は、最後の閉弁時期が気筒の圧縮上死

点後35°CAよりも以前になるように設定されている。

【0105】(実施形態1の作用効果)次に、この実施形態1の作用効果を説明する。

【0106】まず、エンジン1の冷間始動時には、未暖機状態になっている触媒22の昇温を促すために、図4(c)に示すように主噴射の分割制御が行われる。すなわち、気筒2の圧縮上死点近傍でインジェクタ5により燃料が3回に分けて噴射され、該インジェクタ5の噴孔から噴出した燃料は全体として円錐形状の噴霧を形成しながら燃焼室4に広がるとともに、空気との摩擦により分裂を繰り返して微小な油滴になり、それらの油滴の表面から燃料が蒸発して燃料蒸気が生成される。

【0107】その際、前記のように燃料が3回に分けて噴射されることで、そのうちの最初に噴射された燃料による予混合燃焼の割合は相対的に少なくなり、燃焼初期に燃焼圧や燃焼温度が過度に上昇することがなくなるので、NO_xの生成が低減する。また、インジェクタ5の噴孔が一旦、閉じてから次に開くまでの間は燃料の噴出が中止するが、この中止時間が略100マイクロ秒以上に設定されているので、1回目の噴射によって噴出した燃料の油滴に2回目の噴射による燃料の油滴が追いつくことは殆どなく、また、その2回目の噴射による燃料油滴に3回目の噴射による燃料油滴が追いつくことも殆どない。特に、この実施形態では、前記2回目の噴射を圧縮上死点以降に行うようにしているので、この噴射された燃料が直ちに燃焼し、燃焼室4の圧力が大きく上昇して圧縮空気の粘性が高くなるので、3回目に噴射された燃料の油滴は直ちに減速され、先に噴射された燃料の油滴に追いつくことはない。

【0108】しかも、各回の開弁時間が略800マイクロ秒以下に設定されていて、各回の燃料噴射量が十分に少なくなるので、その燃料噴霧中での油滴同士の再結合も最小限に抑制される。よって、一旦、微粒化した油滴同士の再結合が最小限に抑えられるので、例えば燃圧を高めて燃料の噴出速度を大きくすることにより、燃料の微粒化ひいては気化霧化が十分に促進して、燃料蒸気と空気との混合状態を大幅に改善することができる。

【0109】さらに、前記インジェクタ5からの燃料の噴出が中止する中止時間が略1ミリ秒以下に設定されているので、2回目に噴射された燃料は1回目に噴射された燃料の燃焼が終了する前に燃焼し始め、また、3回目に噴射された燃料も2回目に噴射された燃料の燃焼が終了する前に燃焼するというように、各噴射による燃料が途切れることなく継続して良好に燃焼される。加えて、前記3回目の噴射の終了時期が気筒2の圧縮上死点後35°CAよりも以前とされているので、燃焼が過度に緩慢になることもない。

【0110】要するに、主噴射を分割して行うことにより、噴射された燃料の燃焼状態を極めて良好なものにし

て、燃費改善とスモーク生成の抑制とを実現できる。また、噴射終了時期は相対的に遅くなるものの、その間に断続的に噴射される燃料は上述の如く良好に気化霧化されて拡散燃焼するので、燃料噴射時期を遅角補正した場合のように燃焼状態が悪くなることはなく、むしろ、燃焼室4の圧力が相対的に長い間、高い状態に維持されて、燃焼ガスの膨張力が極めて有効にピストン3に伝達されるようになり、機械効率の向上によっても燃費の改善が図られる。

【0111】そして、前記のように燃料が良好に燃焼されて燃焼エネルギーそのものが大きくなる上に、燃焼の終了時期が遅くなって、排気の一部が温度状態が高いうちに排気通路20に流出するようになるので、排気圧力及び排気温度を上昇させて、触媒22の早期昇温を促すことができる。

【0112】このようにして触媒22が暖機状態になると、その後は、図4(a)に示すように、各気筒2の圧縮上死点近傍でインジェクタ5から基本燃料噴射量Qbaseの燃料が一括して1回噴射され、エンジン1は燃焼室4の平均的空燃比がリーンな状態で運転されるようになる。そして、この燃焼に伴い生成するNO_xが触媒22に吸収されて、その吸収量が過剰な状態になると、まず、該触媒22の温度状態が温度状態推定手段35bにより推定される。このとき、例えばエンジン1が長時間アイドル運転状態にされ、触媒22が排気によって冷却されて未暖機状態に対応する温度状態になっていれば、上述の如き主噴射の分割制御が行われて、触媒22の昇温が図られる。

【0113】一方、触媒22が暖機状態であれば、NO_x放出制御が行われて、燃焼室4の平均的空燃比が略理論空燃比付近になるように、燃料噴射量が増量されるとともに、その増量分の燃料が気筒の吸気行程前半で噴射される。このNO_x放出制御により、スモークの生成を抑制しながら排気の酸素濃度を低下させることができ、触媒22からNO_xを放出させて還元浄化することができる。つまり、触媒22をリフレッシュして、NO_x吸収性能を回復させることができる。

【0114】また、エンジン1が加速運転状態になると、上述の如き主噴射の分割制御が行われて排気温度及び排気圧力が増大するので、ターボ過給機25による吸気の過給効果が高められ、燃焼室4への吸気充填量が速やかに増大して、エンジン出力が高められる。つまり、エンジン1の加速運転時に主噴射の分割制御を行うことにより、燃費の悪化や排気有害成分の増大を招くことなく、ターボラグを軽減して加速性能を向上させることができる。尚、前記のように触媒22の昇温のために燃料噴射量を増量していて、かつエンジン1が加速運転状態になれば、その増量した燃料が圧縮上死点近傍で3分割して噴射されるようになり、この場合には燃費等はやや悪化するものの、加速性能がより一層向上するとともに

に、触媒22の温度も速やかに上昇する。

【0115】さらに、この実施形態では、前記ターボ過給機25としていわゆるVGTを用いているので、エンジン1が低回転域にあるときにはタービン21の直上流のノズル断面積(A)を小さくして排気流速を上げることにより、過給効率を高める一方、エンジン1が高回転域にあるときには前記ノズル断面積(A)を大きくして排気流量を確保することにより、過給効率を高めることができる。このことで、エンジン1の加速性能をさらに向上させることができる。

【0116】加えて、車両の累積走行距離がある程度大きくなると(例えば、累積走行距離が数千kmになると)、触媒22は硫黄成分の吸着により劣化してNOx吸収性能が低下するようになる。このため、吸着状態推定手段35cにより推定される触媒22への硫黄成分の吸着量が過剰状態になると、前記のNOx放出制御の場合と同様に、まず、触媒22の温度状態が温度状態推定手段35bにより推定され、触媒22の温度状態がSOxの脱離に必要な高温状態になっていなければ、主噴射の分割制御によって触媒22の昇温が図られる。

【0117】一方、触媒22の温度状態が十分に高ければSOx放出制御が行われ、燃焼室4の平均的空燃比がリッチな状態になるように燃料噴射量が増量されるとともに、その増量分の燃料が気筒の吸気行程前半で噴射される。このSOx脱離のときにNOx放出のときよりも多く燃料を増量するのは、SOxのほうがNOxよりも触媒22のバリウムBaとの親和性が高いので、そのSOxを脱離させるためには排気中の還元剤成分をさらに増加させる必要があるからである。こうして、SOx脱離制御により触媒22からSOxを脱離させて、該触媒22のNOx吸収性能を回復させることができる。

【0118】次に、前記主噴射の分割制御を行う場合の噴射条件について、さらに詳細に検討する。

【0119】上述の如く、気筒2の圧縮上死点近傍でインジェクタ5により燃料を複数回に分割して噴射することで、燃料の微粒化を促進して燃焼状態を大幅に改善するとともに、有効な燃焼時間を延長して機械効率を改善しかつ排気エネルギーも高めることができるのであるが、このためには、インジェクタ5による分割噴射の回数や1回毎の開弁時間(インジェクタ5が一旦、開いてから次に閉じるまでの時間)、さらには開弁間隔 Δt (インジェクタ5が一旦、閉じてから次に開くまでの間隔:図4参照)等を適切に設定して、燃焼室4に噴出した燃料の油滴同士ができるだけ再結合しないようにするとともに、燃焼を開始から終了まで途切れずにかつ良好に継続させる必要がある。

【0120】そこで本発明者らは、エンジン1の目標トルクに対応する基本噴射量の燃料を略圧縮上死点から一括して噴射した場合(以下、一括噴射という)、同じく略圧縮上死点から2回に分割して噴射した場合(以下

2分割噴射という)、及び同様にして3回に分割して噴射した場合(以下3分割噴射という)のそれぞれについて、インジェクタ5の開弁間隔 Δt を変更しながら、これに伴い変化する噴射終了時のクランク角度と、排気温度、排気圧力、燃費率等との関係を調べた。

【0121】まず、図8に排気温度についての試験結果を示す。同図によれば、一括噴射よりも2分割噴射の方が排気温度が高く、その2分割噴射よりも3分割噴射の方がさらに排気温度が高くなっている。また、同図において2分割噴射及び3分割噴射は、それぞれインジェクタ5の開弁間隔 Δt を350~900マイクロ秒(μsec)の範囲で適宜変更しながら排気温度を計測しており、この範囲であれば開弁間隔 Δt を上げた方が排気温度が高くなることが分かる。詳しくは、例えば2分割噴射では、 $\Delta t=350, 400, 700, 900\mu\text{sec}$ のときの排気温度をそれぞれプロットしており、また、3分割噴射では、 $\Delta t=400, 550, 700, 900\mu\text{sec}$ のときの排気温度をそれぞれプロットしている。さらに、図9は同様に排気圧力についての試験結果を示し、同図によれば、燃料噴射の分割回数及び開弁間隔 Δt を増やすと、排気圧力も排気温度と同様に高まるということが分かる。

【0122】つまり、燃料を分割して噴射すれば、その分、燃焼の終了時期が遅れるので、自ずと排気エネルギーが増大する上に、燃焼性の改善により、同じ分量の燃料であっても燃焼のエネルギーそのものが増大するので、前記試験結果の如く排気温度及び排気圧力がいずれも高くなるのである。そして、そのようにして排気エネルギーが増大すれば、ターボ過給機25の過給能力も向上するので、図10に示すように、過給圧(ブースト圧力)を高めることができる。

【0123】また、同様にして燃費率の変化を計測した試験結果を図11に示すと、一括噴射よりも2分割噴射の方が燃費率が改善されているが、3分割噴射とした場合には、インジェクタ5の開弁間隔 Δt が短いときは燃費率がやや改善される一方、開弁間隔 Δt が長くなるに連れて燃費率が悪化することが分かる。これは、分割噴射により燃焼性が改善しかつ機械効率が向上する一方、それと同時に熱効率が低下するためであり、このことから、噴射の終了時期はあまり遅くしないほうが好ましいとすることができる。

【0124】さらに、同様にして排気中の有害成分であるスモーク、NOx、CO及びHCの排出量の計測結果を、それぞれ図12~図15に示す。すなわち、図12によれば、2分割及び3分割噴射のいずれの場合も、インジェクタ5の開弁間隔 Δt が短いときはスモーク量を低減できる一方、開弁間隔 Δt が長くなるに連れてスモーク量が増大することが分かる。また、図13に示すNOxの場合は、反対に2分割及び3分割噴射のいずれの場合も、インジェクタ5の開弁間隔 Δt が長い方がNO

xの生成を低減できることが分かる。さらにまた、図14及び図15にそれぞれ示すように、CO及びHCの排出量についてはスモークと同様の傾向が見られる。

【0125】また、分割回数に関しては、前記各図に示すように分割回数を3回に設定すれば、排気温度、排気圧力、過給圧が上昇し、NOx量が低減する。一方、スモークやCOの排出量に関しては、インジェクタ5の開弁間隔 Δt を短くすれば、分割回数を多くしても大きく増大することはなく、むしろ低減することもある。また、HCについては2分割又は3分割噴射とすることで一括噴射よりも排出量が低減している。

【0126】尚、前記実験結果は、この実施形態と同様に可変式のターボ過給機25を装備した排気量2000ccの4気筒ディーゼルエンジンを用いて、このエンジンを比較的負荷の低い状態でかつエンジン回転数を約1500rpmで運転したときのものである。

【0127】(実施形態2)図16～図23は、本発明の実施形態2に係るエンジンの燃料噴射装置Aを示し、この燃料噴射装置Aの全体構成は実施形態1のものと同じなので、実施形態1と同じ構成要素については同一符号を付して、その説明は省略する。そして、この実施形態2の燃料噴射装置Aでは、エンジン1が定常運転状態になっているとき、通常は図16(a)に示すように、インジェクタ5により基本燃料噴射量 Q_{base} の燃料を気筒の圧縮上死点近傍で2分割して主噴射させる一方、触媒22の温度状態を高めたいときやエンジン1が加速運転状態にあるときには、同図(b)に示すように主噴射を3分割して行うようにしており、また、触媒22のリフレッシュのためのNOx放出制御やSOx脱離制御のときには、同図(c)に示すように、主噴射を3回に分割して行うとともに、実施形態1と同様の副噴射を行うようにしている。

【0128】(燃料噴射制御)具体的に、この実施形態における燃料噴射制御では、まず、前記実施形態1と同じく図5に示すフローのステップSA1～SA16の制御手順を実行し、続いて、図17に示すフローのステップSD1～SD14において、実施形態1の図6に示すフローのステップSB1～SB14と同じ制御を行う。そして、続くステップSD15において、エンジン1が加速運転状態にあるかどうか判定し、加速運転状態でYESであれば、続くステップSD16でフラグFpをオン状態にし($Fp=1$)、続くステップSD17では、エンジン1の加速運転状態を示すフラグFaccをオン状態にする。

【0129】一方($Facc=1$)、加速運転状態でないNOであれば、フラグFp、Faccの状態はそのまま、ステップSD18に進む。このステップSD18では、アクセル開度センサ32やクランク角センサ9からの出力信号に基づいて、エンジン1がアイドル運転状態であるかどうか判定し、アイドル運転状態でYESであれ

ば、ステップSD17に進んで、フラグFpをオン状態にする一方($Fp=1$)、アイドル運転状態でないNOであれば、フラグFpの状態はそのまま、図18に示すフローのステップSE1に進む。

【0130】そして、前記ステップSD18、19に続いて、ステップSE1では、まず、フラグFpがオン状態か否かを判別し、この判別結果がNOならばステップSE7に進む一方、判別結果がYESならばステップSE2～SE4の各ステップにおいて、図7に示すフローのステップSC2～SC4と同じ制御手順を実行して、主噴射を3回に分割して行うときの第1～第3燃料噴射量 $Q1\sim Q3$ とその各噴射時期IT1～IT3を設定する。

【0131】ここで、図16(b)に示すように、第1噴射時期IT1は基本的な噴射時期ITbaseと同じであり、続く第2噴射時期IT2及び第3噴射時期IT3は、それぞれ先の噴射が終了してインジェクタ5が閉じてから所定の開弁間隔 Δt を空けて設定される。この開弁間隔 Δt は、略500マイクロ秒ないし略1ミリ秒の範囲内でエンジン1の運転状態に応じて実験的に決定された最適値がマップとして記録されており、このマップから読み込まれて設定される。また、前記マップ上のエンジン1のアイドル運転領域(エンジン1の所定の低負荷運転領域)では、開弁間隔 Δt は相対的に大きな値とされていて、このことで、図13に示すようにNOxの生成を抑えることができるので、後述の如くEGR弁の制御により排気の還流割合を少なめにしても、NOxの排出量を十分に低減することができる。

【0132】続いて、ステップSE5では、今度はフラグFaccがオン状態か否かを判別する。この判別結果がYESであれば($Facc=1$)、エンジン1が加速運転状態にあるので、ステップSE6に進んで、第1～第3の各燃料噴射時間の開弁間隔 Δt を所定時間 α だけ長くなるように延長し、第2及び第3噴射時期IT2、IT3をそれぞれ遅角側に補正する。そしてその後、図19のステップSF1～SF11に進み、後述の如く主噴射を3回に分割して実行する。

【0133】つまり、このフローでは、フラグFpがオン状態になっているとき($Fp=1$)、言い換えると、①エンジン1の冷間始動時に触媒30が未暖機状態になっているとき、②エンジン1の運転中にNOx放出制御を行うときであって、かつ燃料噴射量を増量補正する前に未暖機状態の触媒30を暖めるとき、③エンジン1がアイドル運転状態のとき、④エンジン1が加速運転状態のときのいずれか1つのときに、主噴射を3回に分割して行うようにしている。また、エンジン1が加速運転状態のときには、第1～第3の各噴射時間の開弁間隔 Δt を特に延長することで、排気エネルギーを十分に高めて加速性能を向上させるようにしている。尚、前記の主噴射の分割回数は、3回に限らず例えば4～7回に設定するようにしてもよい。

【0134】一方、前記ステップSE1でフラグFpがオフ状態になっていると判定されて進んだステップSE7、SE8では、実施形態1の図7に示すフローのステップSC11、SC12と同じくフラグF1、F2の状態を判別し、両方のフラグF1、F2がオフ状態になっていればステップSE13に進む一方、少なくとも一方のフラグF1、F2がオン状態になっていれば、ステップSE9に進んで、前記ステップSE2と同様に基本燃料噴射量 Q_{base} に燃料増量補正量 Q_c を加えて、総燃料噴射量 Q_t を演算する。続いて、ステップSE10において、実施形態1と同様に副噴射の燃料噴射量 Q_p 及び噴射時期ITpをそれぞれ設定する。

【0135】続いて、ステップSE11において、前記総燃料噴射量 Q_t から副噴射量 Q_p を減算した後に3等分して、それぞれ最終的な第1、第2及び第3燃料噴射量 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 とする。続くステップSE12では、前記ステップSE4と同様に第1～第3燃料噴射時期IT1～IT3をそれぞれ設定する。尚、この場合の各噴射間の開弁間隔 Δt も略500マイクロ秒ないし略1ミリ秒の範囲内の値とされる。そして、図19のステップSF1～SF11に進んで、後述の如く主噴射を3回に分割して実行する。

【0136】つまり、フラグF1又はフラグF2のいずれかがオン状態になっているとき（ $F1=1$ 又は $F2=1$ ）、言い換えると、まずエンジン1がアイドル運転状態でも加速運転状態でもなく、その上で、①触媒22における NO_x 吸収量が過剰になっていて、かつ該触媒22が暖機状態になっているとき、又は、②触媒22の硫黄被毒による性能低下が懸念され、かつ該触媒22が十分に高温状態になっているときのいずれかであれば、エンジン1の燃焼室4の平均的空燃比が略理論空燃比付近かそれよりもリッチな状態になるように、即ち排気中の酸素濃度が略1%以下の低濃度になるように燃料噴射量を増量補正するとともに、その増量した燃料の一部を気筒2の吸気行程前半に副噴射する一方、残りの燃料を気筒の圧縮上死点近傍で3分割して噴射するようにしている。尚、この場合も、主噴射を3回に限らず例えば4～7回に分割するようにしてもよい。また、副噴射は主噴射終了後の膨張行程から排気行程の間に実行するようにしてもよい。

【0137】さらに、前記ステップSE7、SE8において、フラグF1、F2が両方共にオフ状態になっていると判定して進んだステップSE13では、基本燃料噴射量 Q_{base} を2等分して、それぞれ最終的な第1及び第2燃料噴射量 Q_1 、 Q_2 とするとともに、第3燃料噴射量 $Q_3=0$ とする。続いて、ステップSE14では、前記ステップSE4、SE12と同様に、第1及び第2燃料噴射時期IT1、IT2をそれぞれ設定し、しかる後に、図19のステップSF1～SF11に進んで、主噴射を2分割して実行する。この場合、第1燃料噴射及び第2

燃料噴射の間の開弁間隔 Δt は略100マイクロ秒ないし略900マイクロ秒の範囲と相対的に短くなるように設定する。

【0138】つまり、エンジン1の冷間始動時や NO_x 放出制御等の実行時でなく、また、アイドル運転状態でも加速運転状態でもない通常の定常運転状態においては、主噴射は2回に分割して行いつ開弁間隔 Δt を相対的に短く設定するようにしており、こうすることで、図11に示すように燃費率を改善することができる。

【0139】前記図18のステップSE5、SE6、SE12、SE14に続いて、図19のステップSF1では、副噴射量 Q_p の値が零であるか否かを判別し、 $Q_p=0$ でYESならばステップSF5に進む一方、 $Q_p \neq 0$ でNOであればステップSF2に進み、クランク角信号に基づいて副噴射時期ITpになったか否かを判別する。そして、噴射時期になるまで待つて（ステップSF2でNO）、噴射時期になれば（ステップSF2でYES）、ステップSF3に進んで副噴射を行い、噴射量 Q_p の燃料をインジェクタ5により燃焼室4に噴射する。続いて、ステップSF4において、副噴射量を零にして（ $Q_p=0$ ）、ステップSF5に進む。

【0140】続いて、ステップSF5では、クランク角信号に基づいて第1噴射時期IT1になったか否かを判別し、噴射時期になるまで待つて（ステップSF5でNO）、噴射時期になれば（ステップSF5でYES）、ステップSF6に進んで第1の燃料噴射を行い、噴射量 Q_1 の燃料をインジェクタ5により燃焼室4に噴射する。続くステップSF7では、前記ステップSF6で行った第1の燃料噴射の終了後の経過時間に基づいて第2噴射時期IT2になったか否かを判別し、噴射時期になるまで待つて（ステップSF7でNO）、噴射時期になれば（ステップSF7でYES）、ステップSF8に進んで第2の燃料噴射を実行する。

【0141】続いて、ステップSF9では、第3の燃料噴射量 Q_3 の値が零であるか否かを判別し、 $Q_3=0$ でYESならばリターンする一方、 $Q_3 \neq 0$ でNOであればステップSF10に進む。そして、前記ステップSF6で行った第1の燃料噴射、或いは前記ステップSF8で行った第2の燃料噴射のいずれかが終了してからの経過時間に基づいて、第3噴射時期IT3になったか否かを判別し、噴射時期になるまで待つて（ステップSF10でNO）、噴射時期になれば（ステップSF10でYES）、ステップSF11に進んで第3の燃料噴射を実行して、しかる後にリターンする。

【0142】前記のように、この実施形態では、インジェクタ5による第2及び第3の燃料噴射の時期をそれよりも前の第1又は第2の燃料噴射が終了してからの経過時間に基づいて設定するようにしているので、クランク角に基づいて設定するもののようにエンジン1の回転変動の影響を受けることが無くなり、よって、極めて正確

な分割噴射制御を行うことができる。尚、そのように第1又は第2の燃料噴射が終了してからの経過時間ではなく、該燃料噴射を開始してからの経過時間とインジェクタ5の開弁時間とに基づいて、第2及び第3の燃料噴射時期を設定するようにしてもよい。

【0143】前記図17のフローのステップSD1により、触媒22への硫黄成分の吸着状態を推定する吸着状態推定手段35cが構成され、また、ステップSD9により、該吸着状態推定手段35cによる劣化成分の推定吸着量が所定量以上になったときに、燃焼室4の平均空燃比を理論空燃比よりもリッチな状態になるように制御する空燃比制御手段35eが構成されている。また、この実施形態では、図5のフローのステップSA14が、触媒22に対して供給される排気中の還元剤成分が増大するようエンジン1の所定の運転状態で燃料噴射量を増量補正する噴射量増量補正手段に対応している。

【0144】また、前記図18及び図19に示すフローの制御手順が全体として、インジェクタ5により気筒の圧縮上死点近傍で燃料を複数回に分割して噴射させる燃料噴射制御手段35dに対応しており、この燃料噴射制御手段35dは、エンジン1の定常運転時に燃料噴射を2回に分割して行うとともに、触媒22が未暖機状態であるか、触媒22がNOxの吸収過剰状態もしくは硫黄成分の吸着過剰状態であってかつ触媒22の温度状態が十分に高くないか、又はエンジン1がアイドル運転状態或いは加速運転状態にあるときには、燃料噴射の分割回数を3回に増やすとともに、インジェクタ5が閉じてから次に開くまでの開弁間隔 Δt を相対的に増大させるという補正制御を行うように構成されている。

【0145】(排気還流制御)以下に、前記ECU35によるEGR弁の作動制御について具体的に図20に示すフローチャート図に沿って説明する。尚、この制御は所定時間毎に実行される。

【0146】まず、スタート後のステップSG1において、クランク角信号、エアフローセンサ出力、アクセル開度等を読み込み、続くステップSG2において、アクセル開度とクランク角信号から求めたエンジン回転数とに基づいて、マップから基本EGR率EGRbを読み込む。ここで、EGR率とは、EGR通路23により吸気通路10に還流される排気還流量の全吸気量に対する割合のことである。

【0147】また、前記EGR率のマップは、図21に例示するように、アクセル開度及びエンジン回転数に対応する最適なEGR率を予め実験的に決定して、ECU35のメモリに電子的に格納したものであり、基本EGR率EGRbはアクセル開度が小さいほど大きくなるように、即ち排気の還流割合がエンジン1の低負荷側で高負荷側よりも大きくなるように設定されるとともに、基本EGR率EGRbはエンジン回転数が低いほど大きくなるように設定されている。但し、該マップ上で図に斜線を入

れて示すエンジン1のアイドル運転領域では、基本EGR率EGRbはエンジン1が中負荷運転領域にあるときよりも低くなるように小さめに設定されている。

【0148】前記ステップSG2に続くステップSG3では、アクセル開度とエンジン回転数とに基づいて、マップから目標新気量 q を読み込む。ここで、新気量とは燃焼室4に吸入される気体(吸気)のうちから還流排気やブローバイガス等を除いたもので、エアフローセンサ11により計測される吸入空気量のことである。また、新気量はEGR率と密接に関係しており、通常はEGR率が大きいほど排気の還流割合が多くなり、その分、新気量は少なくなる。前記目標新気量のマップも前記EGR率のマップと同様にメモリに格納されており、図22に例示するように目標新気量 q はアクセル開度が大きいほど大きくなるように、また、エンジン回転数が高いほど大きくなるように設定されている。但し、前記EGR率のマップと同様、図に斜線を入れて示すエンジン1のアイドル運転領域では、目標新気量 q はエンジン1が中負荷運転領域にあるときよりも多くなるように設定されている。

【0149】ここで、一般的に、直噴式ディーゼルエンジンにおいては、EGR率を高めることでNOxの生成を抑制することができるが、EGR率を高めれば、前記のようにエンジン1の燃焼室4の平均的空燃比がリッチ側に変化し、図23に例示するように、平均的空燃比が理論空燃比(例えば14.3)に近くなると、スモークの生成量が急増するという傾向がある。そこで、前記ステップSG2、SG3における基本EGR率EGRb及び目標新気量 q のマップでは、エンジン1の燃焼室4の平均的空燃比が例えば図23のグラフに $A/F*1$ として示すように、スモーク量の急増しない範囲でできるだけ小さな値になるように設定している。

【0150】また、特にエンジン1のアイドル運転領域では、燃焼室4の平均的空燃比が前記図23のグラフに $A/F*2$ として示すように前記 $A/F*1$ に比べてかなりリーンな状態になるよう、前記EGR率や新気量のマップにおいて、それぞれ基本EGR率EGRbを小さめにかつ目標新気量 q を大きめに設定している。すなわち、エンジン1がアイドル運転状態にあるときにはEGR弁24の開度が相対的に小さくされることになるので、この状態から加速運転状態に移行するときに、直ちにEGR弁24を閉じて、燃焼室4への吸入空気量を速やかに増大させることが可能になる。このことで、エンジン1の加速性能が向上するとともに、加速運転状態への移行時に空燃比が一時的に過度にリッチな状態になることを回避して、加速初期のスモーク増大を軽減することができる。尚、エンジン1のアイドル運転領域では、上述の如く燃料噴射を3回に分割して行うことによりNOxの生成を抑えることができるので、EGR率を小さめに設定しても、NOxの排出量が過大になることはない。

【0151】前記ステップSG3に続いて、ステップSG4では、エアフローセンサ出力から求められる実新気量から目標新気量 q を減算した新気量偏差に基づいて、EGR率フィードバック補正值 $EGRf/b$ を演算する。すなわち、新気量偏差に対応するEGR率フィードバック補正值 $EGRf/b$ の値が予め実験的に求められて、図示しないマップに記録されており、このマップからEGR率フィードバック補正值 $EGRf/b$ の値を読み込むようにする。このマップにおいて、EGR率フィードバック補正值 $EGRf/b$ は、目標新気量 q が実新気量よりも多いときは負の値とされ、また、目標新気量 q が実新気量よりも少ないときは正の値とされるとともに、いずれも偏差が大きいくほど絶対値が大きくなるように設定されている。尚、目標新気量 q が実新気量に近いところには不感帯が設けられている。

【0152】続いて、ステップSG5では、前記ステップSG2で読み込んだ基本EGR率 $EGRb$ にステップSG4で求めたEGR率フィードバック補正值 $EGRf/b$ を加算して、目標EGR率 $EGRt$ を演算する。そして、続くステップSG6において、その目標EGR率 $EGRt$ に対応する出力を負圧制御用の電磁弁28に出力して、EGR弁24を駆動し、しかる後にリターンする。

【0153】前記の排気還流制御によれば、基本的にエンジン1の低負荷側でEGR率を相対的に大きくし、燃焼室4への排気還流量を確保して、NOxの生成を低減することができる。一方、エンジン1の負荷状態が高くなるに従い、EGR率が徐々に小さくされて新気の吸入量が多くなるので、負荷状態に対応した十分な出力を得ることができる。さらに、エンジン1がアイドル運転状態にあるときには、EGR弁24の開度を相対的に小さくさせることで、加速運転状態への移行時に一時的にスモークが増大することを抑制できる。

【0154】前記図20のフローが全体として、EGR弁24の開度を、EGR率がエンジン1の低負荷側で高負荷側よりも増大するように制御するとともに、エンジン1のアイドル運転領域ではEGR率が中負荷運転領域よりも低くなるように制御する排気還流制御手段35fに対応している。

【0155】(実施形態2の作用効果)したがって、この実施形態2に係る燃料噴射装置Aによれば、実施形態1と同じ作用効果が得られる上に、エンジン1が定常運転状態にあるときに通常はインジェクタ5により2分割噴射が行われるので、エンジン1の使用頻度の極めて高い状態で燃費率が改善され、車両の走行中全体として大幅な燃費改善が図られる。しかも、2分割噴射によって排気エネルギーが高まるので、ターボ過給機25による過給効率の向上が図られ、また、一括噴射とする場合に比べて、触媒22の温度状態を高めに維持することもでき、排気中のHCやNOxを低減することもでき、インジェクタ5の開弁間隔 Δt を短めに設定すれば、スモ-

ークやCOの低減も可能になる。

【0156】また、エンジン1のアイドル運転時には、インジェクタ5により3分割噴射を行わせてNOx生成量を低く抑えるとともに、その分、EGR率は小さめに設定してEGR弁24を開度の小さな状態にさせることで、エンジン1はアイドル運転状態から加速運転状態に移行することが極めて多いのであるが、このときにEGR弁24の開作動の遅れを最小限に抑えて、空燃比のリッチ化に起因するスモーク増大を軽減することができる。しかも、燃料の3分割噴射によって排気エネルギーをさらに高めることができるので、加速運転状態への移行はスムーズに行われる。尚、アイドル運転状態では燃料噴射量そのものが少ないので、エンジン1の運転領域全般での燃費性能に及ぼす悪影響は小さい。

【0157】さらに、エンジン1が加速運転状態にあるときには、実施形態1と同様にインジェクタ5により3分割噴射を行わせるとともに、インジェクタ5の開弁間隔 Δt を所定時間 α だけ延長することで、排気エネルギーを一層、増大させて、ターボ過給機25の過給効果を高めることができる。また、このとき、インジェクタ5の開弁間隔 Δt を略1ミリ秒程度にまで延長すれば、そのことによって、スモークの生成を抑制することができる。

【0158】(他の実施形態)本発明は前記実施形態1又は2に限定されるものではなく、その他の種々の実施形態を包含するものである。すなわち、前記各実施形態では、触媒22の温度状態を高めるために、基本燃料噴射量 Q_{base} を3等分して噴射するようにしているが、これに限らず、例えば、噴射量がそれぞれ異なるように分割してもよい。また、エンジン1の燃焼室4の平均的空燃比が略理論空燃比かそれよりもリッチな状態になるように燃料を増量して、その増量補正後の燃料を分割して噴射するようにしてもよい。このようにすれば、燃料を増量しない場合に比べて燃費等がやや悪化するものの、排気温度は更に高くなるので、触媒22の昇温をより迅速に行うことができる。

【0159】また、触媒22としては、前記実施形態に開示したものの他に、例えばNOx還元浄化タイプの触媒を用いることもでき、さらには、排気中のHC、CO、SOF等を温度状態が高くなると浄化する酸化触媒を用いてもよい。例えば、上流側の第1触媒を母材としてのアルミナに銀Agを担持させた Ag/Al_2O_3 で構成するとともに、下流側の第2触媒を母材としてのMFI(合成ゼオライトZSM-5)に白金Ptをイオン交換法や含浸法によって担持させてなる Pt^+-MFI で構成すればよく、この触媒は、排気中の酸素濃度が高いときでも、HCを還元剤としてNOxを還元浄化することができるので、その浄化性能は例えば図24に示すような温度依存性を有するものである。

【0160】前記のようなNOx還元浄化タイプの触媒

に対しても、エンジン運転中の所定期間毎や或いは触媒の浄化性能が低下したときに、排気中の還元剤成分を増大させるよう燃料を増量補正するとともに、主噴射のみか或いは主噴射と副噴射（膨張行程から排気行程にかけて行うものも含む）とによって燃料を噴射し、さらに、このときの触媒温度が低ければ、図18のステップSE9～SE12に示すように主噴射を分割して行うようにしてもよい。このようにすれば、触媒の昇温促進と触媒への還元剤成分の供給とを同時に行うことができるので、該触媒の浄化性能を向上させて、十分な性能を発揮させることができる。

【0161】さらに、前記各実施形態において、例えば図25に示すように、3分割して行う主噴射の直前に、いわゆるパイロット噴射を実行するようにしてもよい。すなわち、基本燃料噴射量 Q_{base} の $1/20 \sim 1/10$ 程度の燃料を主噴射の直前に噴射することにより、この燃料は噴射直後に燃焼することはないが、ピストンの上昇に伴う圧力上昇によって主噴射の前に火種を形成するので、最初の予混合燃焼における燃焼圧力等の急激な上昇が緩和されて、エンジン1の運転騒音や振動の低減が図られる。

【0162】また、前記実施形態2では、エンジン1がアイドル運転状態の時に燃料を3分割噴射させて NO_x の生成を抑えるようにしているが、これに限らず、通所の定常運転状態と同じく2分割噴射とするとともに、インジェクタ5の開弁間隔 Δt を相対的に長く（例えば700マイクロ秒以上）設定することで、 NO_x の生成を抑えるようにしてもよい。

【0163】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の発明に係るディーゼルエンジンの燃料噴射装置によると、エンジンの要求出力に対応する噴射量の燃料を燃料噴射制御手段により気筒の圧縮上死点近傍で複数回に分割して噴射することにより、燃料の油滴同士の再結合を大幅に抑制して、燃料の微粒化ひいては気化霧化を十分に促進することができる。このことで、エンジンの燃焼状態が極めて良好なものになり、燃費の改善とスモーク生成の抑制とが図られる一方、燃料の予混合燃焼割合が減少するので、 NO_x の生成量も低減できる。また、燃焼ガスの膨張力が極めて有効にピストンに伝達されるようになるので、機械効率の向上による燃費改善が図られ、さらに、良好な燃焼により燃焼エネルギーそのものが増大する上に、燃焼の終了時期が遅くなることで、排気の圧力及び温度が上昇する。つまり、スモークや NO_x 等の排気有害成分を低減しかつ燃費改善を図りつつ、その上さらに、排気圧力及び排気温度を高めることができる。加えて、このような効果を、エンジンの要求出力に対応する燃料噴射量によって得ることができるので、このことによっても燃費改善が図られる。

【0164】請求項3の発明によると、燃料噴射を分割

するときの燃料噴射弁の開弁間隔を略1ミリ秒以下とすることで、燃焼を途切れずに継続させることができ、このことで燃焼を良好に維持できる。

【0165】請求項4の発明によると、燃料噴射を分割するときの燃料噴射弁の開弁間隔を略100マイクロ秒以上とすることで、また、請求項5の発明によると、前記燃料噴射弁の開弁時間を略800マイクロ秒以下とすることで、それぞれ請求項1の発明の効果を十分に得ることができる。

【0166】請求項6の発明によると、燃料噴射を分割するときの2回目の噴射を気筒の圧縮上死点以降で開始することで、請求項1の発明の効果がさらに高まる。

【0167】請求項7の発明によると、燃料噴射を分割するときの最後の噴射をATDC35°CAよりも以前に終了することで、燃費悪化等の弊害を防止できる。

【0168】請求項8の発明によると、燃料噴射を3回以上に分割して行うことで、総燃料噴射量が多くても1回の噴射時間を十分に短くすることができ、このことで、エンジンの高負荷運転域でも請求項5の発明と同様の効果が得られる。

【0169】請求項9の発明によると、パイロット噴射によりエンジンの運転騒音や振動を低減できる。

【0170】請求項10の発明によると、燃料噴射を分割して行うことで、燃費の悪化や排気有害成分の増大を招くことなく排気温度を高めることができ、このことにより、未活性状態の浄化材を早期に昇温させかつ暖機状態に維持して、排気浄化性能を十分に発揮させることができる。

【0171】請求項11の発明によると、燃料噴射を分割して行うことで、燃費の悪化や排気有害成分の増大を招くことなく排気温度を高めることができ、このことにより、浄化材を所定の高温状態に維持して劣化成分を放出させ、その性能を安定確保することができる。

【0172】請求項12の発明によると、燃料噴射を分割して行うことで、燃費の悪化や排気有害成分の増大を招くことなく排気エネルギーを増大させることができ、このことにより、ターボ過給機の過給効果を速やかに高め、エンジンの加速性能を向上させることができる。

【0173】請求項13の発明によると、可変機構を有するターボ過給機により、エンジンの加速性能をさらに向上できる。

【0174】また、請求項14の発明に係るディーゼルエンジンの燃料噴射装置によると、請求項10の発明と同様の効果が得られる上に、燃料噴射量を増量すれば、排気圧力及び排気温度をさらに増大させて、浄化材の昇温効果を一層、高めることができる。

【0175】請求項15の発明に係るディーゼルエンジンの燃料噴射装置によると、請求項11の発明と同様の作用効果が得られる上に、燃料噴射量を増量すれば、排気圧力及び排気温度をさらに増大させて、浄化材からの

劣化成分の放出を一層、促進することができる。

【0176】請求項16の発明に係るディーゼルエンジンの燃料噴射装置によると、請求項12の発明と同様の作用効果が得られる上に、燃料噴射量を増量すれば、排気圧力及び排気温度をさらに増大させて、エンジンの加速性能をさらに向上させることができる。

【0177】請求項17の発明に係るディーゼルエンジンの燃料噴射装置によると、請求項3の発明と同様の効果が得られる上に、燃料噴射量を増量して排気圧力及び排気温度をさらに増大させることにより、前記の発明の効果を一層、高めることができる。

【0178】請求項18の発明によると、請求項17の発明による効果と請求項5の発明による効果とが同時に得られる。

【0179】請求項19の発明によるとは、請求項17又は18のいずれかの発明による効果と請求項6の発明による効果とが同時に得られる。

【0180】請求項20の発明によると、エンジンの使用頻度の高い定常運転時に燃料噴射を2回に分割して行うことで、大幅な燃費改善が図られる。

【0181】請求項21の発明によると、浄化材の温度状態が低いときに燃料噴射の分割回数や開弁間隔を増やすことにより、請求項10や請求項14の発明と同様の効果を得ることができる。

【0182】請求項22の発明によると、エンジンの所定の運転状態で燃料噴射量を増量補正することで、浄化材の昇温促進と排気中の還元剤成分の増大とを同時に行うことができ、該浄化材による排気浄化性能を十分に発揮させることができる。

【0183】請求項23の発明によると、浄化材の劣化成分の吸着量が増えたときに燃料噴射の分割回数や開弁間隔を増やすことにより、請求項11や請求項15の発明と同様の効果を得ることができる。

【0184】請求項24の発明によると、燃焼室の平均空燃比をリッチな状態に制御して、排気中の還元剤成分の濃度を高めることにより、浄化材からの劣化成分の放出を促進できる。

【0185】請求項25の発明によると、浄化材からの劣化成分の放出を極めて効率良く行うことができる。

【0186】請求項26の発明によると、エンジンの加速運転時に燃料噴射の分割回数や開弁間隔を増やすことにより、請求項12や請求項16の発明と同様の効果を得ることができる。

【0187】請求項27の発明によると、請求項20の発明と同様の効果が得られる。

【0188】請求項28の発明によると、排気還流制御手段による基本的な制御により、エンジンの低負荷側で排気還流量を確保して、NO_xの生成を低減できるとともに、高負荷側では吸入量空気を十分に確保して大出力を得ることができる。また、エンジンが所定の低負荷

運転状態にあるときには、排気還流割合を低くさせて、この状態から加速運転状態へ移行するときのスモーク増大を回避できるとともに、燃料噴射の分割回数や開弁間隔を増大させることで、NO_x排出量が過大なることを防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1に係るディーゼルエンジンの燃料噴射装置の全体構成を示す図である。

【図2】酸素濃度の高い排気中でNO_xを吸収する触媒について、NO_x浄化率の温度依存性を表すグラフの一例を示す図である。

【図3】ターボ過給機の一部を、A/R小の状態(a)、又はA/R大の状態(b)でそれぞれ示す説明図である。

【図4】主噴射を一括して行う場合(a)と、副噴射及び主噴射をそれぞれ一括して行う場合(b)と、主噴射を3分割して行う場合(c)とについてそれぞれ噴射時期を示すタイムチャート図である。

【図5】基本燃料噴射量の設定とNO_x放出制御との処理手順を示すフローチャート図である。

【図6】SO_x放出制御の処理手順を示すフローチャート図である。

【図7】燃料噴射制御の処理手順を示すフローチャート図である。

【図8】主噴射の分割形態を変化させたときの、エンジンの排気温度の变化特性を示すグラフ図である。

【図9】エンジンの排気圧力の変化特性を示す図8相当図である。

【図10】エンジンのブースト圧の変化特性を示す図8相当図である。

【図11】エンジンの燃費率の変化特性を示す図8相当図である。

【図12】エンジンからのスモーク排出量の変化特性を示す図8相当図である。

【図13】エンジンからのNO_x排出量の変化特性を示す図8相当図である。

【図14】エンジンからのCO排出量の変化特性を示す図8相当図である。

【図15】エンジンからのHC排出量の変化特性を示す図8相当図である。

【図16】実施形態2に係る図4相当図である。

【図17】実施形態2に係る図6相当図である。

【図18】実施形態2における燃料噴射制御の前半の処理手順を示すフローチャート図である。

【図19】燃料噴射制御の後半の処理手順を示すフローチャート図である。

【図20】EGR制御の処理手順を示すフローチャート図である。

【図21】EGR率をアクセル開度及びエンジン回転数に対応づけて設定したマップの一例を示す図である。

【図22】目標新気量をアクセル開度及びエンジン回転数に対応づけて設定したマップの一例を示す図である。

【図23】燃焼室の平均的空気燃比とスモーク量との関係を示すグラフ図である。

【図24】酸素濃度の高い排気中でNO_xを還元浄化する触媒を備えた他の実施形態に係る図2相当図である。

【図25】パイロット噴射を行うようにした他の実施形態に係る図4相当図である。

【符号の説明】

- ## A 燃料噴射装置

- ## 1 ディーゼルエンジン

- ## 2 気筒

- #### 4 燃烧室

- ## 5 インジェクタ（燃料噴射弁）

- ## 9 クランク角センサ（要求出力検出手段）

- ## 22 触媒（浄化材）

- ### 23 排氣還流通路

- ## 24 排氣還流量調節弁

- ## 25 ターボ過給機

- ### 32 アクセル開度センサ（要求出力検出手段）

- ### 35 ECU (コントロールユニット)

- ### 35a 噴射量決定手段

- ### 35b 温度状態推定手段

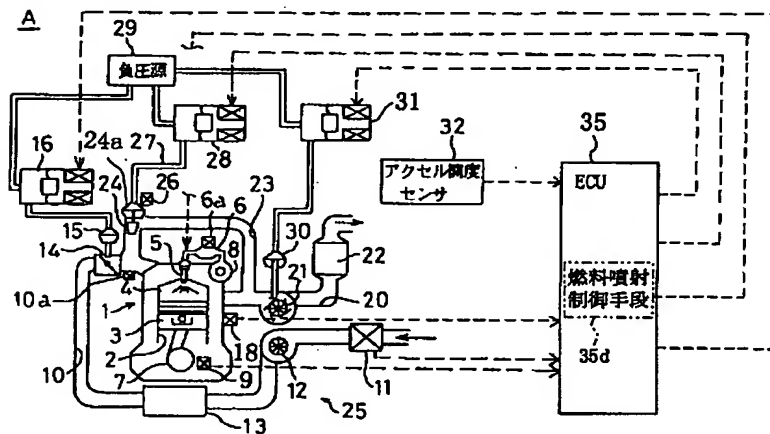
- ### 35c 吸着狀態推定手段

- ### 35d 燃料噴射制御手段

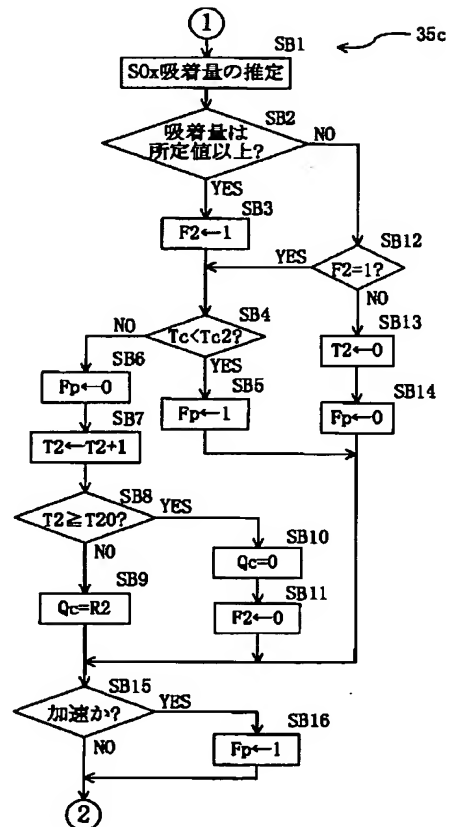
- ### 35e 空燃比制御手段

- ### 35 f 排気還流制御手段

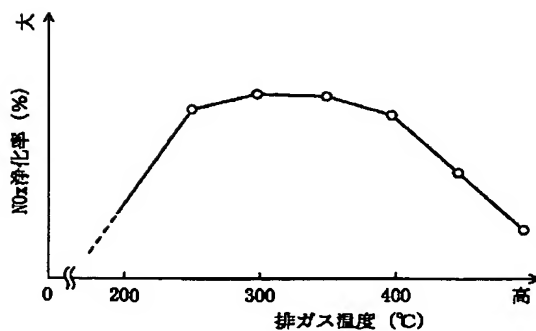
【図1】



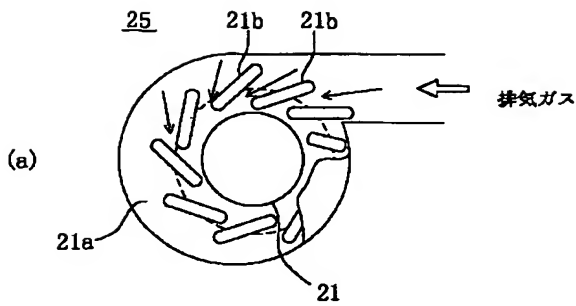
【図6】



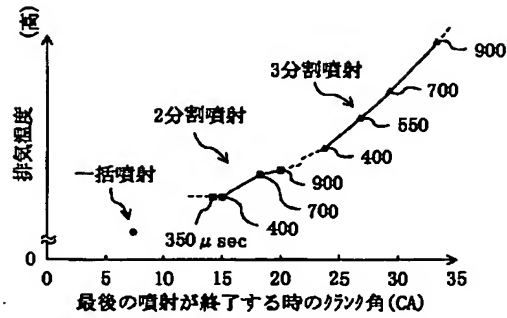
【図2】



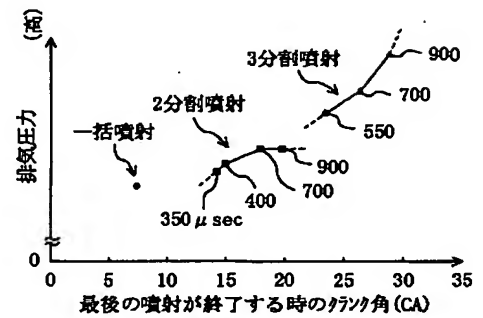
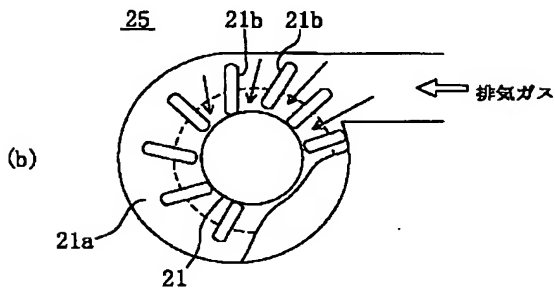
【図3】



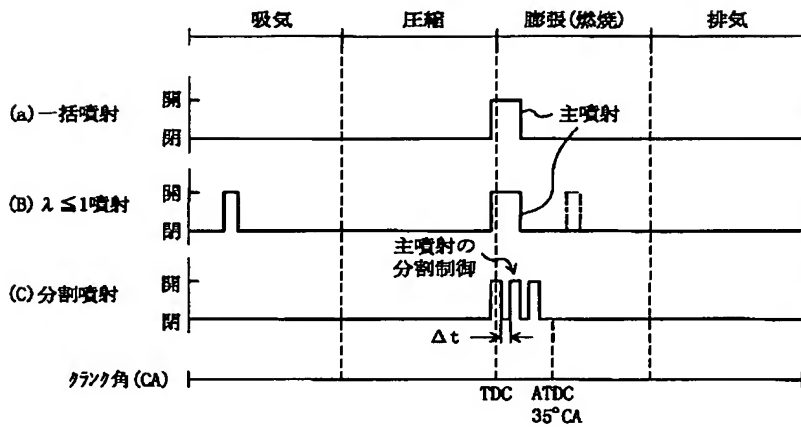
【図8】



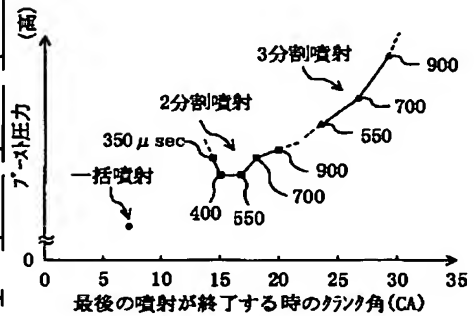
【図9】



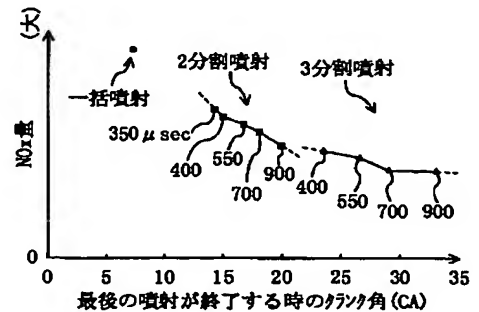
【図4】



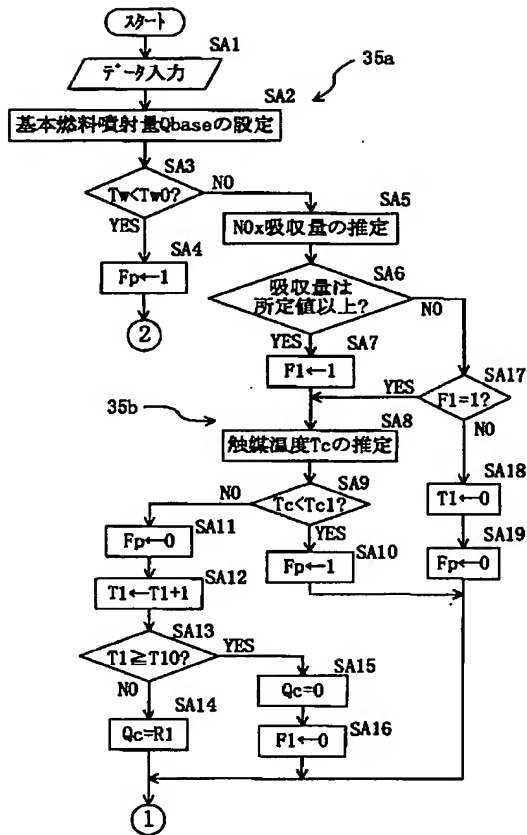
【図10】



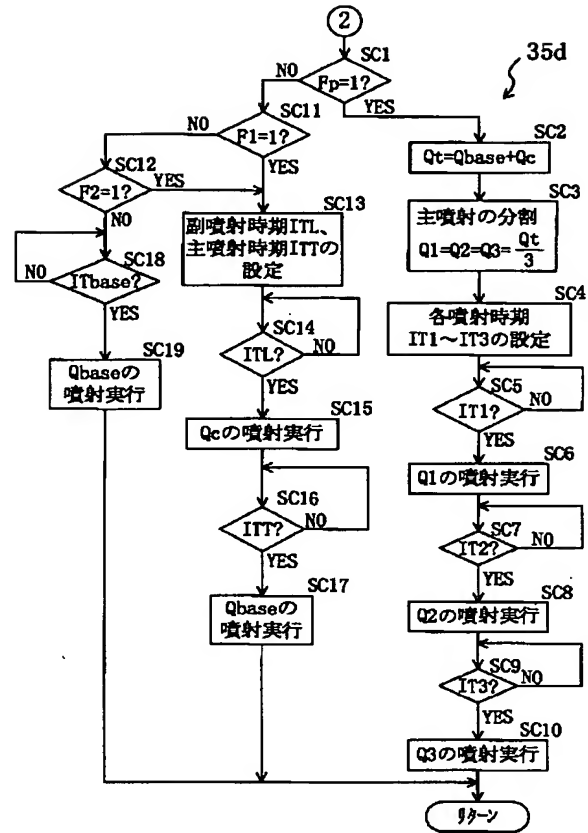
【図13】



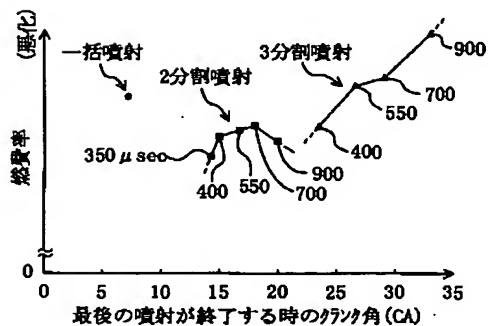
【図5】



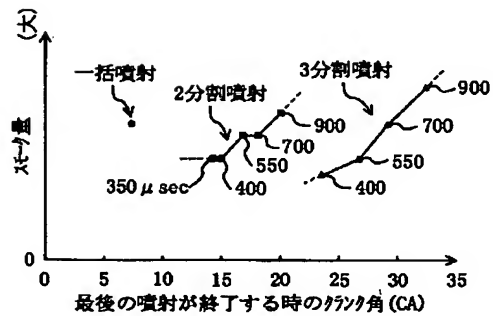
【図7】



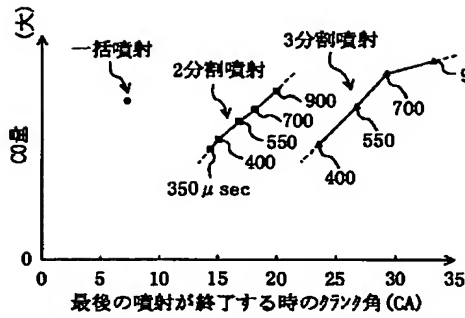
【図11】



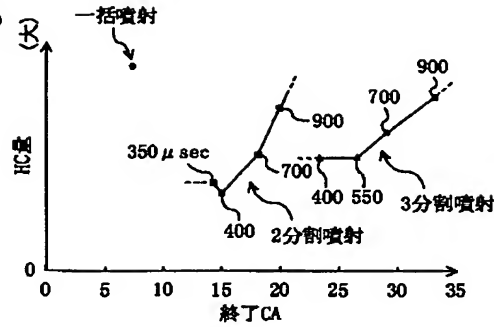
【図12】



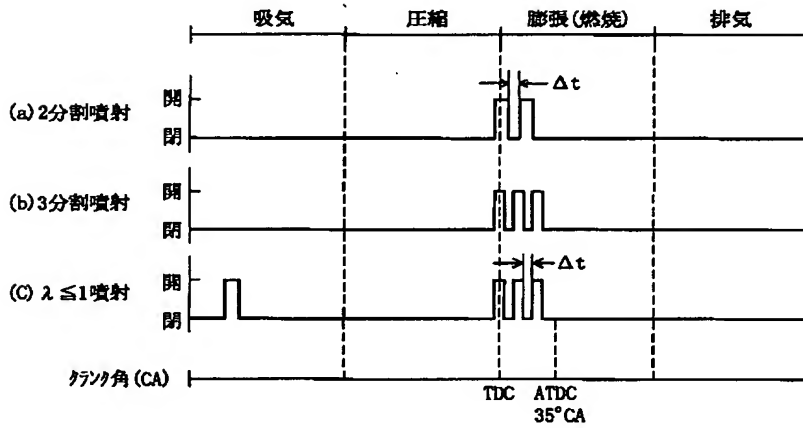
【図14】



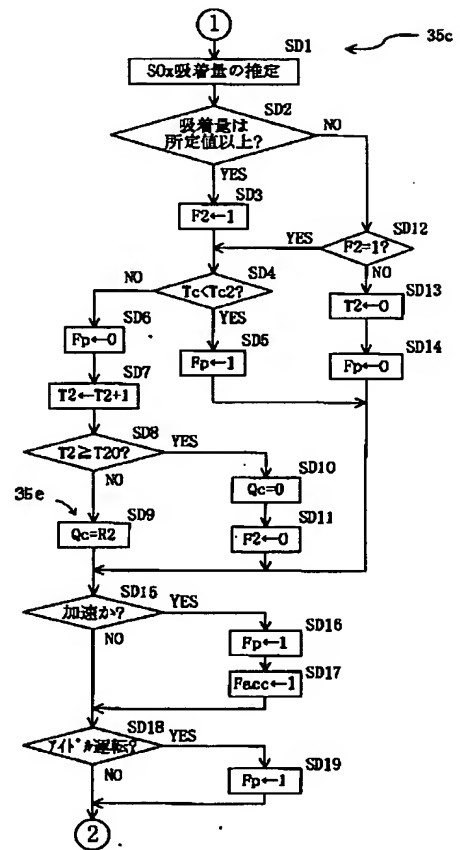
【図15】



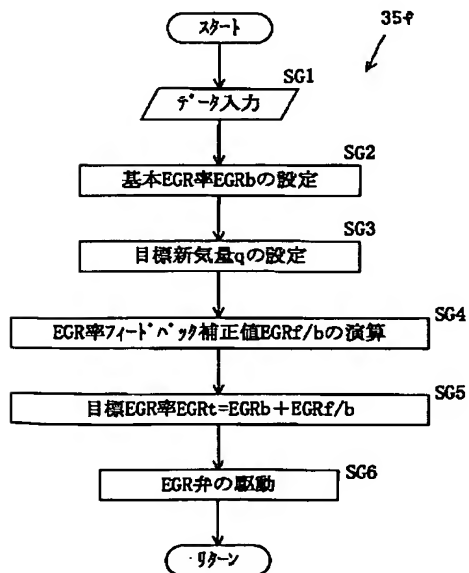
【図16】



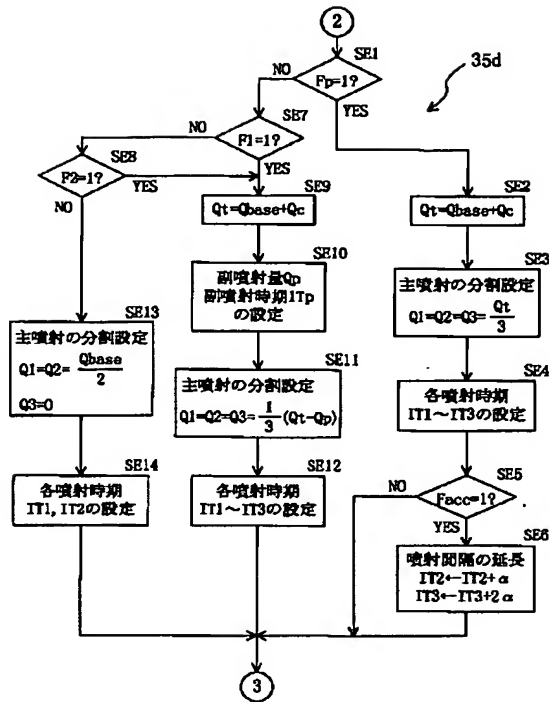
【図17】



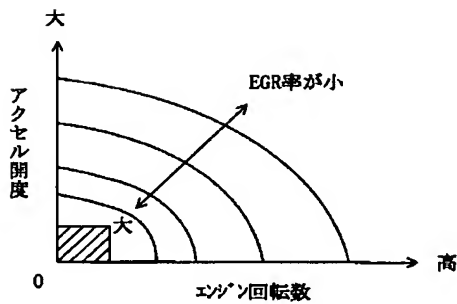
【図20】



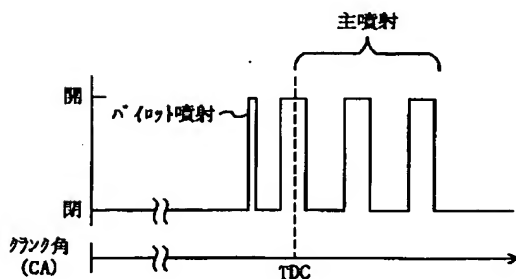
【図18】



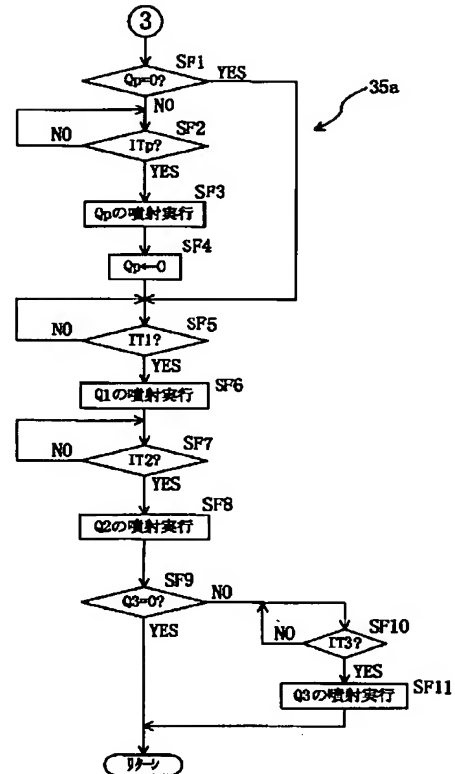
【図21】



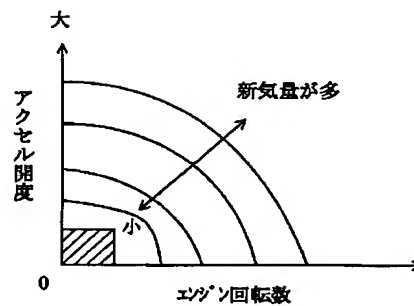
【図25】



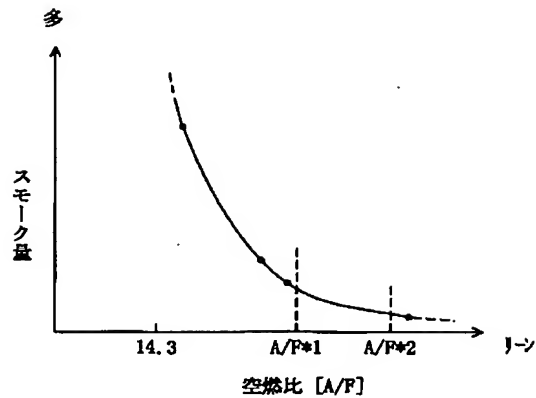
【図19】



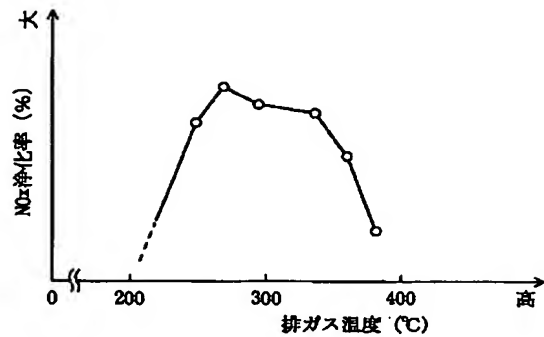
【図22】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

F 0 2 D 41/38

識別記号

F I

F 0 2 D 41/38

テコード (参考)

B

Fターム(参考) 3G091 AA18 AB05 BA15 CB02 CB03
EA01 EA05 EA06 EA07 EA16
EA18 FA11 FA13 FA14 FA17
GB02W GB03W GB04W GB05W
GB09X GB10X HB05 HB06
3G301 HA02 HA11 HA13 JA02 JA24
KA06 KA08 KA09 KA12 KA21
LA00 LB11 MA14 MA18 MA23
MA26 NA01 NE01 NE13 NE15
PA01Z PA07Z PA11Z PB08Z
PD12Z PE01Z PE08Z PF03Z